

Kalle Vilpas

SELVITYS KERROSTALOYHTIÖN  
LÄMMÖNTUOTANTOMUODON UUDISTUKSESTA

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2017

# SELVITYS KERROSTALOYHTIÖN LÄMMÖNTUOTANTOMUODON UUDISTUKSESTA

Vilpas, Kalle  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2017  
Sivumäärä: 50  
Liitteitä: 2

Asiasanat: aurinkoenergia, poistoilmalämpöpumppu, kerrostalo

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda tietopaketti aurinkolämpö-, aurinkosähkö- ja poistoilmalämpöpumpputekniikasta kerrostaloyhtiön osakkaille. Työssä tarkasteltiin järjestelmien asennusmahdollisuuksia kiinteistössä ja investointien takaisinmaksu-aikoja.

Peruskorjausten yhteydessä pyritään vähentämään rakennusten energian kulutusta ja valtio ohjaa E-luvun kautta hyödyntämään uusiutuvia energiamuotoja. Tämän näkökulman lisäksi taloyhtiön osakkaat ovat kiinnostuneita kiinteistön energiakustannusten pienenemisestä. Näistä lähtökohdista toteutettiin tämä opinnäytetyö. Työ rajattiin käsittelemään yleisesti aurinkolämpö-, aurinkosähkö- ja poistoilmapumppujärjestelmiä ja antamaan suuntaa investointien kannattavuudelle.

# ANALYSIS OF HEATSYSTEM RENOVATION AT APARTMENT BUILDING

Vilpas, Kalle

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction engineering

April 2017

Number of pages: 50

Appendices: 2

Keywords: Solar energy, Exhaust air heat pump, Apartment building

---

Purpose of this thesis was to create information package including applications of solar energy and exhaust air heat pump to condominium shareholders. Different kind system installation possibilities was analyzed and payback period for investment surveyed.

Government aim is to reduce energy consumption and to increase use of renewable energy of accommodation via E-figure. In addition the shareholders of condominium are interested in lowering energy costs. Solar energy and exhaust air pump technologies are universally presented and profitability of investment variations are brought out. This thesis was carried out from this baseline.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AURINKOENERGIA .....	7
2.1	Auringon säteily .....	7
2.2	Aurinkoenergian hyödyntäminen .....	8
2.3	Aurinkoenergia Suomessa .....	8
3	AKTIIVINEN AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN .....	10
3.1	Aurinkolämmitys .....	10
3.1.1	Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate .....	10
3.1.2	Aurinkolämpöjärjestelmän komponentit .....	12
3.1.3	Nestekiertoiset keräimet .....	13
3.1.4	Mitoitusperiaatteet .....	14
3.1.5	Aurinkokeräinten sijoitus .....	15
3.2	Aurinkosähkö .....	17
3.2.1	Toimintaperiaate .....	18
3.2.2	Järjestelmän komponentit .....	18
3.2.3	Mitoitusperiaatteet .....	21
3.2.4	Sähköverkkoon liittämisen edellytykset .....	22
3.2.5	Aurinkopaneelien sijoitus .....	23
3.3	Aurinkojärjestelmien terminologia .....	24
4	LÄMPÖPUMPUT .....	25
4.1	Historiaa .....	25
4.2	Toiminta .....	25
4.2.1	Kiertoprosessi .....	26
4.2.2	Lämpökerroin (COP) .....	27
4.2.3	Vuosihyötysuhde (SCOP) .....	28
4.2.4	Kylmäaine .....	28
4.3	Poistoilmalämpöpumppu .....	28
5	SELVITYKSEN KOHDE .....	29
5.1	Yleistä .....	29
5.2	Taloyhtiön ilmanvaihto ja veden- sekä energiankulutus .....	30
5.2.1	Ilmanvaihto .....	30
5.2.2	Kiinteistön veden- ja energiankulutus .....	31
6	AURINKOENERGIAN SOVELTAMINEN KIIINTEISTÖSSÄ .....	33
6.1	Aurinkokeräinten tai paneelien sijoitus .....	33
6.2	Rakennusvalvonnan paikallinen ohjeistus .....	34
6.3	Aurinkokeräimien hankinta .....	35

6.4	Aurinkokeräin-investointi.....	36
6.5	Aurinkosähköjärjestelmän hankinta .....	38
6.6	Kytkentävät kerrostalossa .....	39
6.7	Aurinkosähköjärjestelmä-investointi .....	40
7	POISTOILMALÄMPÖPUMPPU-INVESTOINTI .....	43
7.1	Komponenttien sijoitus kiinteistöön .....	43
7.2	Poistoilmasta talteenotettava energia .....	44
7.3	Poistoilmalämpöpumppu-investointi .....	45
8	TOTEUTUNEITA ENERGIAUUDISTUKSIA PORISSA.....	47
9	YHTEENVETO .....	48
	LÄHTEET .....	51
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli tuottaa As. Oy Porin Aittaluodonkatu 7-11 osakkaille tietoa aurinkoenergian tarjoamista mahdollisuuksista ja poistoilmalämpöpumpun sijoittamisesta kiinteistöön. Energian hinta tulee todennäköisesti tulevaisuudessa nousemaan ja valtio pyrkii ohjaamaan rakennuskantaa energiatehokkaampaan suuntaan. Näistä lähtökohdista taloyhtiössä on haluttu kartoittaa lämmitysmuotojen eri vaihtoehtoja ja uusiutuvan energian mahdollisuuksia.

Työssä tarkasteltiin aurinkosähkön, aurinkolämmön ja poistoilmalämpöpumpun hyödyntämistä kerrostaloyhtiössä, sekä järjestelmien sijoitusmahdollisuuksia ja investointien kannattavuutta. Taloyhtiön kaukolämmön- ja sähkönkulutusmäärän avulla arvioitiin aurinkoenergian ja poistoilmalämpöpumppu-investointien karkeat takaisinmaksuajat.

## 2 AURINKOENERGIA

### 2.1 Auringon säteily

Auringossa tapahtuu fuusioreaktioita, joissa kaksi vetyatomia yhtyy yhdeksi heliumatomiksi. Fuusioreaktiossa vapautuu runsaasti lämpöenergiaa, josta noin 170 000 TW kohdistuu maahan. Tämä tarkoittaa 1,35–1,39 kW tehoa neliometriä kohti. Auringosta saatu energia mahdollistaa elämän maassa. Miltei kaikkien muiden energiamuotojen, kuten tuuli, hiili, öljy ja kaasu, voidaan katsoa olevan auringonenergian aikaansaamia. Auringosta maahan saapuva vuosittainen energian määrä vastaa noin 15 000 kertaa koko maailman primäärienergian kulutusta. /1/

Maan ilmakehässä oleva vesihöyry, saasteet ja pölyt kuitenkin heijastavat osan auringon säteilystä takaisin avaruuteen. Ilmakehän säteilyä pidättävä vaikutus on UV-säteilyn säätelyn kannalta merkittävä tekijä, vaikkakin se pienentää auringonsäteilyn tehoa. Ilmakehän vaikutuksesta osan säteilystä heijastuessa takaisin avaruuteen, maan pinnalle saapuvan säteilyenergian teho on kirkkaana päivänä noin 0,8-1,0 kW m<sup>2</sup>. /2/

Säteilyn teho pienenee suoraan verrannollisesti sen kulkemaan matkaan ilmakehässä. Näinollen auringosta saatava teho on pienempi talvella, sekä vuorokauden alussa ja lopussa. /2/

Maan pinnalle saapuva säteily voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

- suora auringonsäteily
- diffuusinen, eli hajasäteily
- ilmakehän vastasäteily

Pilvien laatu ja paksuus vaikuttavat auringonsäteilyn läpäisyyn; pilvisinä päivinä 80 % valosta on hajasäteilyä, kun taas kirkkaana kesäpäivänä hajasäteilyn osuus on vain 20 %. /2/

## 2.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää passiivisilla tai aktiivisilla järjestelmillä. Aktiivinen hyödyntäminen tarkoittaa käytännössä joko aurinkopaneeleja tai aurinkokeräimiä. Aurinkopaneeleilla tuotetaan sähköenergiaa ja aurinkokeräimillä taas lämpöenergiaa. Aurinkolämmön passiiviseen hyödyntämiseen voidaan käyttää rakennuksen massaa ja suuntaamalla rakennuksen suuret ikkunat kohti etelää. Massiivirakenteisiin ulkoseiniin varastoituu aurinkoisella säällä lämpöä ja ikkunoiden kautta rakennuksen sisään paistava aurinko lämmittää huoneilmaa varastoituen samalla betoniseen lattiaalaan. /4/

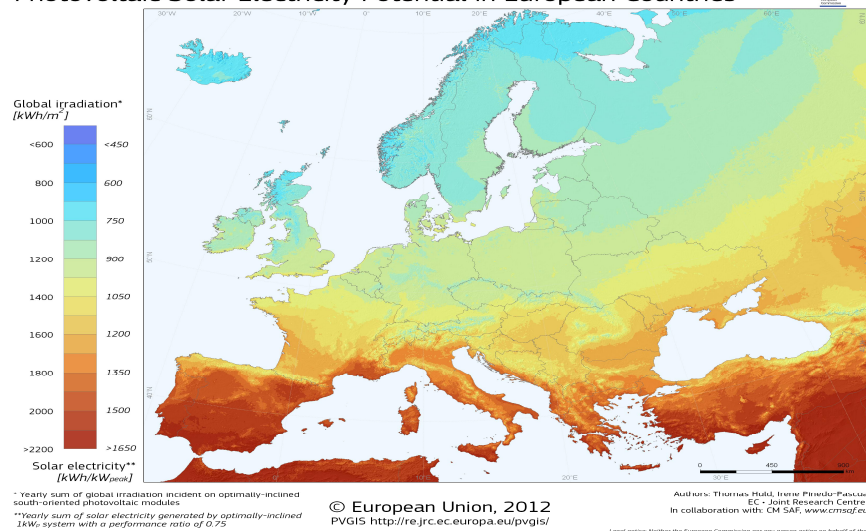
## 2.3 Aurinkoenergia Suomessa

Suomessa on hyvät mahdollisuudet hyödyntää aurinkoenergiaa. Pohjoisesta sijainnista huolimatta Suomessa vuosittainen aurinkoenergian saantimahdollisuus on samaa tasoa kuin Pohjois-Saksassa; Helsingin alueelle saadaan aurinkosäteilyä vuositasona noin  $940 \text{ kWh/m}^2$  vaakatasolla mitattuna, joka on sama määrä kuin Hampurin alueella. /2/

Kuvassa 1 on kuvattu etelään suunnattujen aurinkopaneelien aurinkosähkön tuotantopotentiaali Euroopassa. Sen perusteella voidaan todeta, että Suomen etelä- ja länsiosissa auringonsäteilyteho vastaa Puolan, Saksan ja Benelux-maiden säteilytehotasoa.

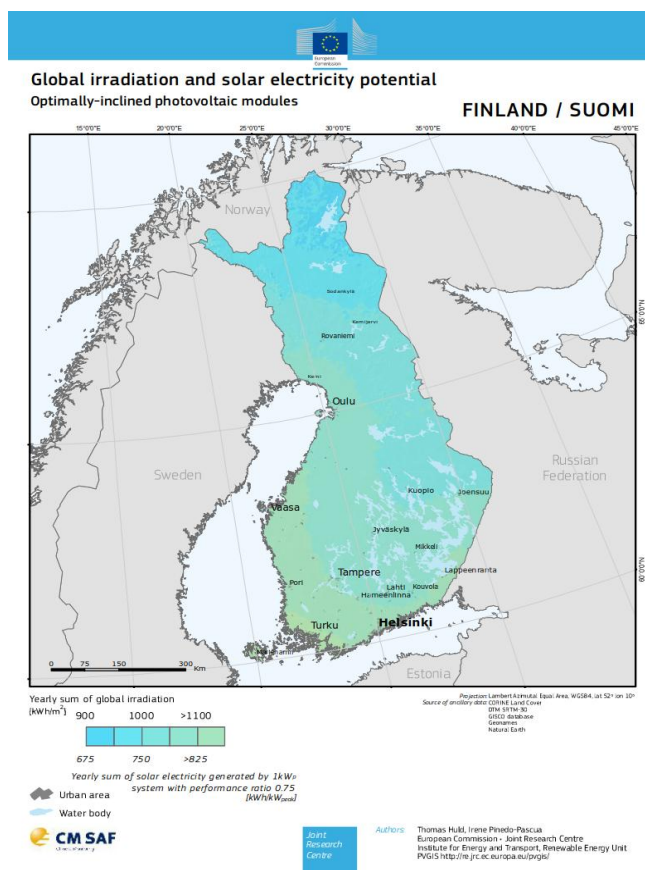


### Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Kuva 1. Aurinkosäteilyn teho Euroopassa. /3/

Kuvassa 2 on esitetty potentiaalisen aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuudet Suomessa optimiolosuhteissa, etelään suunnatuilla aurinkopaneeleilla. Kuvan perusteella voidaan todeta energiansaantimahdollisuuksien muuttuvan noin  $100 \text{ kWh/m}^2$  Länsi-Suomen ja Keski-Suomen välillä.



Kuva 2. Aurinkosäteilyn teho Suomessa. /3/

Suomessa aurinkoenergia hyödyntäminen on lisääntynyt viimeaikoina merkittävästi; mm. vuosien 2007–2014 välisenä aikana sekä aurinkolämmön että aurinkosähkön kapasiteetti kaksinkertaistui. /4/

### 3 AKTIIVINEN AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

Aurinkoenergiasta voidaan tuottaa joko lämpöenergiaa tai sähköenergiaa. Molemmat laitteistotyytit ovat pitkäikäisiä; käyttöikä on vuosikymmeniä. Niiden valmistukseen käytetään kierrätyskelpoista materiaalia, kuten kuparia tai alumiinia. /4/

#### 3.1 Aurinkolämmitys

Lämpimän käyttöveden tuotossa aurinkoenergialla voidaan kattaa noin puolet käytetystä energiasta. Käytettäessä järjestelmää rakennuksen lämmitykseen, aurinkoenergialla voidaan kattaa jopa 25 - 35 prosenttia lämmitysenergiasta. /5/

Aurinkoenergian osuuteen vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuus ja märkätilojen lämmitys; energiatehokkaassa rakennuksessa, jossa märkätilojen lämmitys hoidetaan vesikierron avulla, saavutetaan aurinkoenergialla suurempi osuus kokonaisenergian kulutuksesta.

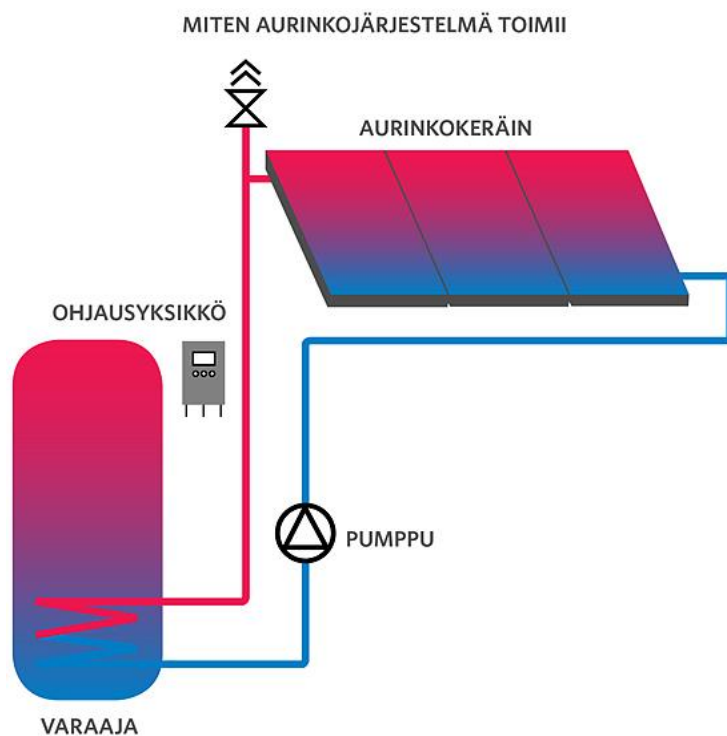
##### 3.1.1 Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate

Aurinkolämpöjärjestelmän tehtävänä on siirtää auringonsäteilyn kautta keräimeen si-  
toutuva energia lämmönsiirtoaineeseen ja sitä kautta energiavarastoon. Aurinkoke-  
räimissä väliaineena toimivat joko erityyppiset nesteet tai ilma. Nestekiertoiset keräi-  
met voidaan jakaa kahteen eri luokkaan; tasokeräimiin ja tyhjiöputkikeräimiin, sekä  
ilmakeräimet katettuihin ja kattamattomiin (kuva 3). Nestekiertoisia keräimiä käsitel-  
län tarkemmin kappaleessa 3.1.3. /6/



Kuva 3. Aurinkokeräintyyppit. /6/

Talteen saatu energia siirretään pumpun tai puhaltimen avulla ja varastoidaan keräimestä lämmönvaraajaan. Varaajasta lämpöenergiaa luovutetaan lämpimän käyttöveteen tai rakennuksen lämmitykseen. Energian varastointi on aurinkolämmitysjärjestelmissä lähes aina tarpeellista, koska aurinkoenergiaa ei välttämättä ole saatavilla kulutustarpeen kanssa samaan aikaan. /6/



Kuva 4. Aurinkolämpöjärjestelmän osat ja toimintaperiaate. /6/

### 3.1.2 Aurinkolämpöjärjestelmän komponentit

#### Aurinkokeräin:

Aurinkokeräimet on pinnoitettu mustalla absorptiopinnoitteella, jolla auringonsäteilyn energiaa saadaan talteen mahdollisimman paljon. Absorptiopinta sitoo itseensä energiaa ja sen lämpötila nousee. Keräimen pinta on päällystetty lasi- tai muovilevyllä, joka läpäisee tehokkaasti auringonvalon aallonpituuksia. Päällysteen tehtävänä on päästää auringonvalo keräimen sisään, suojata komponentteja kosteudelta ja epäpuhtauksilta, sekä estää talteen saadun lämpösäteilyn ulos vuotaminen. /4/

#### Lämmönsiirtimet:

Lämmönsiirtonesteinä käytetään vettä, johon on lisätty erityyppisiä lisäaineita. Lisäaineet estävät esimerkiksi liuoksen hapettumisen ja jäätyminen. Lisäaineiden käytön takia lämmönsiirtoneste on erotettava lämmönsiirtimellä energiavaraajasta ja käyttövedestä. Lämmönsiirtimeksi käytetään yleisimmin kupariputkesta valmistettua kierukkaa. /4/

#### Pumppu, putkisto ja paisunta-astia:

Järjestelmän putkiston valmistusmateriaaleina käytetään kuparia tai ruostumatonta terästä. Putkisto on eristetty huolellisesti lämpöhäviöiden minimoimiseksi. Putkiston lisäksi myös eristeen on kestävä korkeita lämpötiloja, joka on huomioitava etenkin solumuovieristeitä käytettäessä. Lämmönsiirtonestettä kierrätetään pumpulla putkiston kautta aurinkokeräinten ja energiavaraajan välillä. Lisäksi putkistoon liitetään tarpeelliset varo- ja säätöventtiilit sekä kalvopaisunta-astia. Paisunta-astian tehtävänä on pitää järjestelmän paine vakaana lämpö-olojen muuttuessa. /8/

#### Energiavaraaja:

Väliaineen kuljettaman energia varastoidaan varaajaan lämmönsiirtimeksi kautta, joka on sijoitettu varaajan alaosaan. Tällä kokoonpanolla saadaan varaajaan luonnonkierto,

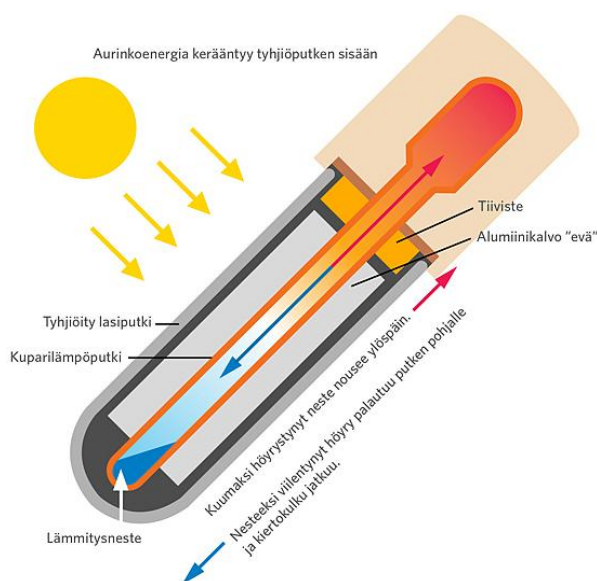
jolloin lämmin vesi nousee ylös ja viileämpi laskee alas. Pystymallisessa energiavaraajassa vesi kerrostuu paremmin parantaen järjestelmän hyötysuhdetta. /4/

### 3.1.3 Nestekiertoiset keräimet

Tyhjiöputkikeräin:

Tyhjiöputkikeräimestä on johtumishäviöiden minimoimiseksi poistettu ilma lähes kokonaan. Lasiputken sisälle muodostetun tyhjän ansioista keräimen hyötysuhde pysyy parempana korkeissa lämpötiloissa, koska tyhjö toimii hyvänä lämmöneristeenä. Tyhjän luoman eristyksen ansiosta tämän tyyppisistä keräimistä saadaan kylminä ajanjaksoina tasokeräimiä parempi lämmöntuotto. /8/

Tyhjiöputkikeräimet jaetaan kahteen eri tyyppiin toimintaperiaatteen mukaisesti: Läpivirtausperiaatteella toimivissa keräimissä lämmönsiirtoneste virtaa tyhjiöputkessa mustan absorbaattoripinnan alla. Heat-Pipe-tyyppisessä tyhjiöputkikeräimeen on sijoitettu suljettuja lämpöputkia joissa jokaisessa on suljettu lämmönsiirtopiiri. Se muodostuu lämmönsiirtonesteestä, joka putken pohjalta höyrystyy kulkeutuen putken yläosiin. Yläosassa höyry luovuttaa lämpöä lämmönsiirtonesteeseen, joka kuljettaa energian varaajaan. Lämpöä luovuttaessaan se lauhtuu ja kulkeutuu keräimen alaosaan uudelleen höyrystettäväksi (kuva 5). /8/

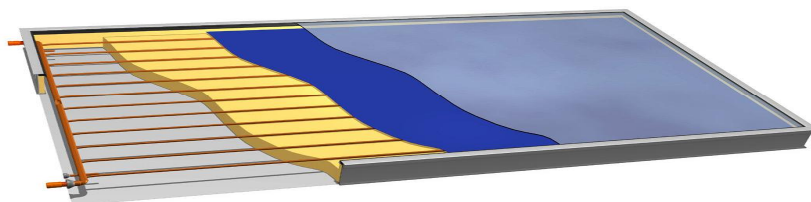


Kuva 5. Heat-Pipe-keräimen toimintaperiaate. /8/

Tasokeräin:

Tasokeräin ottaa lämpöä talteen koko keräimen peittävän tumman absorbaatiopinnan avulla. Keräin on päällystetty yleensä yhdellä katteella lämpöhäviöiden pienentämiseksi. Katteena käytetään pääasiassa vähärautaista erikoislasiä, joka kestää korkeita lämpötiloja ja läpäisee hyvin auringonsäteilyä. Keräimen taustapuoli on eristetty esim. 5-8 senttimetriä paksulla mineraalivilla kerroksella. /8/

Tasokeräimessä lämmönsiirtoneste virtaa jakotukin kautta lämmönsiirtoputkiin, jotka on sijoitettu tasavälein keräimen sisään. Lämmönsiirtoputkista talteen saatu energia siirretään varaajaan (kuva 6). /8/



Kuva 6. Tasokeräimen rakenne. /9/

#### 3.1.4 Mitoitusperiaatteet

Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti hyvin laadittu mitoit-  
tus ja käyttötarkoitus; tuotettu energia pitää saada hyödynnettyä tehokkaasti.

Järjestelmän mitoitusperiaatteina voi esimerkiksi toimia:

- mahdollisimman alhainen tuotetun energian hinta
- energiaomavaraisuus kesäaikana
- käytössä olevat asennustilojen asennustilat paneelien ja energiavaraajan osalta

- kokonaisinvestoinnin määrä /22/

Kesällä aurinkolämmön tuotto on suurimmillaan ja toisaalta energiankulutus on vähäistä. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoituksessa on tärkeää kiinnittää huomioita juuri kesäaikaisen kulutuksen kattamiseen aurinkolämmöllä. Tällä menettelyllä voidaan optimoida järjestelmän koko ja saavutetaan järjestelmälle parempi takaisinmaksuaika.

Aurinkolämmityksen suunnitteluun ja mitoitukseen tarvitaan seuraavat perustiedot:

- kokonaisenergiantarve ja tarpeen vaihtelu
- asukasmäärä
- asennuspaikan tekniset tiedot
- nykyisen lämmitysjärjestelmän tekniset tiedot
- kohteen veden- ja lämmönkulutustiedot /22/

### 3.1.5 Aurinkokeräinten sijoitus

Aurinkokeräinten sijoituksessa tärkeimmät seikat ovat niiden suuntaaminen suoraan etelään, aurinkoiselle paikalle. Normaalisti keräimet sijoitetaan katolle, mutta myös seinäasennus antaa hyvän hyötysuhteen. Seinälle pystysuoraan asennetut keräimet tuottavat noin 20 prosenttia optimaaliseen asennuskulmana ( $45^\circ$ ) verrattuna. Suunnattaessa keräin suoraan etelään saadaan järjestelmälle paras tuotto. Suuntauksen kohdistuessa itään tai länteen keräimestä saatava hyöty putoaa noin 20 prosenttia eteläsuuntaukseen nähden. Asennuspaikan pitäisi olla sellainen, että keräimille ei muodostu varjostumia ympäristön esteistä; varjostus pienentää keräimestä saatavaa tuottoa. /28/



Kuva 7. Tasokeräimet (3 kpl pystyssä, vasen reuna) asennettuna konesaumatulle peltikatolle. /42/



Kuva 8. Aurinkokeräimen kiinnike konesaumattuun peltikattoon. /43/

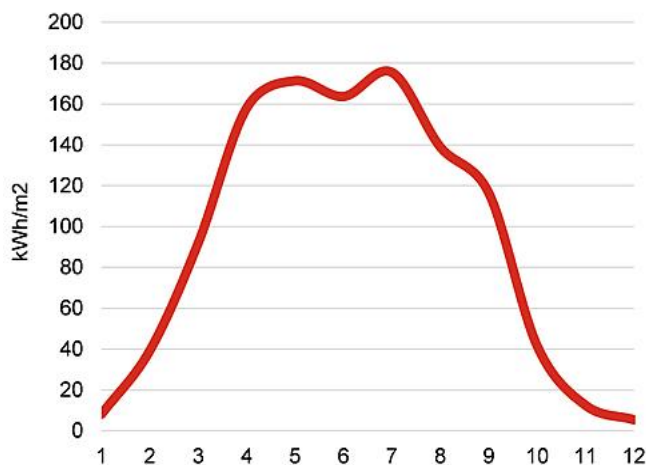


### 3.2 Aurinkosähkö

Sähkön tuottaminen auringonsäteilystä voidaan katsoa alkaneen vuonna 1838, kun auringonvaloa onnistuttiin muuntamaan sähköksi. Aurinkoenergian soveltaminen sähköntuotantoon kasvoi kuitenkin vasta tekniikan kehityttyä; 1970-luvun energiakriisin vuoksi kehitettiin vaihtoehtoisia energialähteitä. Viimevuosikymmeninä aurinkosähköteknologia on kehittynyt nopeasti ja järjestelmien hinnat ovat laskeneet voimakkaasti. Hintojen lasku on johtanut järjestelmien takaisinmaksu-aikojen lyhenemiseen ja sitä kautta myös investointien lukumäärä on kasvanut. /10/

Aurinkosähköjärjestelmät voidaan luokitella kahteen luokkaan; verkkoon liitetty järjestelmät ja verkkoon kytkemättömiin järjestelmiin. Jälkimmäisiä käytetään pienkoh-teissa, joissa sähköverkko ei ole käytettävissä. Tällaisia kohteita ovat mm. veneet ja kesäasunnot. Jäljempänä tarkastellaan vain verkkoon kytkettyä järjestelmää.

Kesäkuukausina aurinkosähköä saadaan runsaasti ja se voidaan mitoittaa kattamaan kiinteistön sähkönkulutuksen pohjakuorma. Kuvassa 9 on esitetty auringonsäteilyn tehon vaihtelu kuukausittain.



Kuva 9. Auringon kokonaissäteilyn summa 45 asteen kulmassa etelään suunnatulle pinnalle Suomessa kuukausittain. /12/

### 3.2.1 Toimintaperiaate

Aurinkopaneelit ovat järjestelmän perusta. Niiden tuottama sähkö muunnetaan 3-vaiheisen invertterin kautta verkkojännitteelle 230 voltia, jolloin tuotettua sähköä voidaan hyödyntää kiinteistön kaikkiin sähkölaitteisiin. /14/

Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa osa kiinteistön bruttosähkön kulutuksesta. Järjestelmä mitoitetaan usein niin, että valtaosa aurinkopaneeleilla tuotetusta sähköstä kulutetaan omaan käyttöön; auringon paistaessa käytetään paneeleilta saatavaa sähköä ja yöllä tai pilvisellä säällä sähköenergia ostetaan verkkoyhtiöltä. /11/

### 3.2.2 Järjestelmän komponentit

Järjestelmän näkyvimmat komponentit ovat aurinkopaneelit, joilla itse sähköenergia tuotetaan. Tuotettu sähköenergia muunnetaan invertterillä verkkojännitteeksi. Lisäksi järjestelmä edellyttää sähkövirran siirtämiseen tarvittavan kaapeloinnin, energiamittauksen ja turvakytkimen aurinkosähköjärjestelmän erottamiseksi sähköverkosta. Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit on esitetty kuvassa 10. /14/

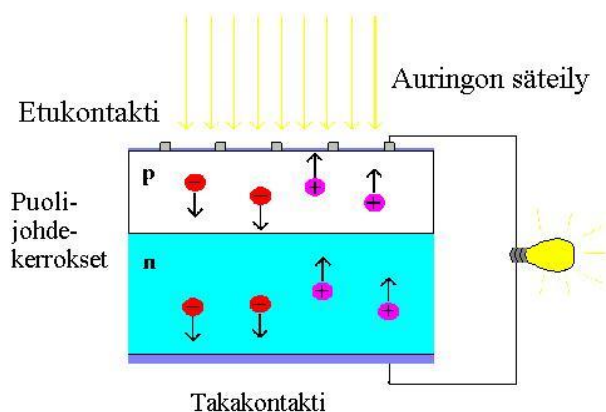


Kuva 10. Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit. /14/

Aurinkopaneelit:

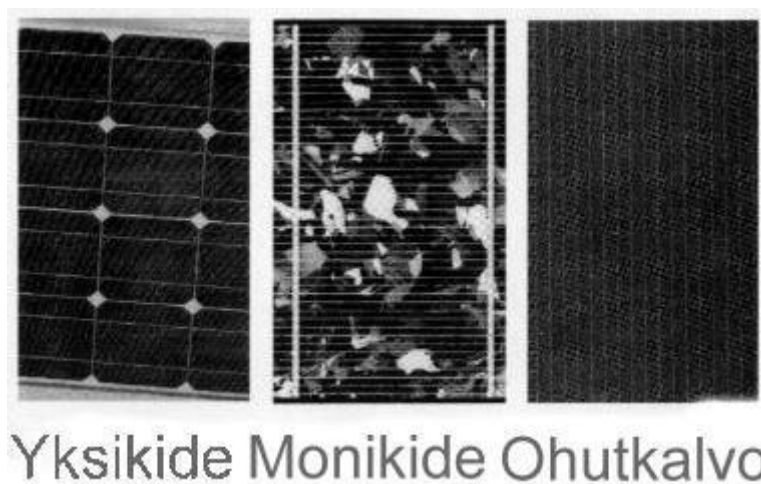
Aurinkopaneelit koostuvat useasta yhteen liitetystä kennosta. Kennot muuttavat auringonsäteilyn sähköenergiaksi. Auringon säteily koostuu fotoneista, jotka vapauttavat elektroneja osuessaan puolijohdemateriaaliin. Aurinkokenno muodostuu kahdesta erilaisesta puolijohdemateriaalista; niillä on erilainen atomien varausjakauma. Va-

rausjakauman ansiosta paneelin sisälle muodostuu sähkökenttä, jolloin elektronit kulkevat erisuuntiin kennoissa ja kenno tuottaa sähköä. Kytkemällä kennoja peräkkäin sarjaan saavutetaan paneeleista haluttu jännitetaso. Kuvassa 11 on esitetty aurinkokennon toimintaperiaate. /13/



Kuva 11. Aurinkokennon toimintaperiaate. /13/

Aurinkopaneelit voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: Piipohjaisiin kennoihin ja ohutkalvotekniikkaan perustuviin kennoihin (kuva 12). Piipohjaisia kennoja valmistetaan yksikide- ja monikide kennoja. Yksikide piikennot tuottavat hyvän hyötysuhteen, noin 15–18 prosenttia, mutta ovat kalliimpia valmistaa kuin monikide piikennot. Monikide piikennojen hyötysuhde on keskimäärin 12–15 prosenttia. Ohutkalvotekniikkaan perustuvat aurinkopaneelit ovat rakenteeltaan piikenno-tekniikalla valmistettuja paneeleja ohuempia ja joustavia. Niiden hyötysuhde on kuitenkin merkittävästi piikide kennoja huonompi, noin kymmenen prosenttia. /44, 45/

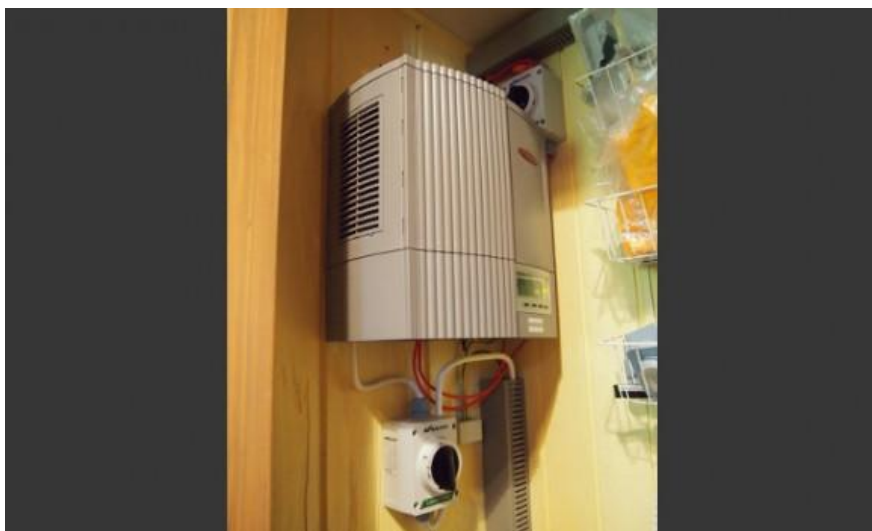


Yksikide Monikide Ohutkalvo

Kuva 12. Aurinkopaneelityypit.

Invertteri:

Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmään kuuluu vaihtosuuntaaja eli invertteri (kuva 13). Sen tehtävänä on muuntaa aurinkopaneeleissa tuotettu tasasähkö vaihtovirraksi, jolloin siitä pystytään hyödyntämään kiinteistön sähkölaitteissa. Lisäksi invertteri optimoi paneelien napajännitettä, jolla pyritään saamaan aurinkopaneeleista hyvä tehon tuotto vallitsevien olosuhteiden mukaan. /15/



Kuva 13. Aurinkosähköjärjestelmän invertteri ja turvakytin. /46/

Aurinkosähköjärjestelmiin voidaan kytkeä kahta erityyppistä invertteri-vaihtoehtoa: Invertteri voi olla keskitetty, jolloin yksi vaihtosuuntaaja huolehtii kaikkien paneelien tuotannon optimoinnista ja muuntaa virran sähköverkkoon soveltuvaksi. Toinen vaihtoehto on varustaa jokainen paneeli omalla mikroinvertterillään. Tällöin jokainen paneeli-invertteri-yhdistelmä liitetään rinnakkain toimivaksi järjestelmäksi ja sähkö vietään sähköverkkoon erillisen verkkoonkytkentäyksikön kautta. Mikroinvertteriä käytetään usein pienissä, muutaman paneelin voimaloissa. Mikroinvertterillä varustetut aurinkopaneelit ovat kustannukseltaan keskitettyä järjestelmään kalliimpi investointi. Mikroinvertterin etuna on jokaisen yksittäisin paneelin ohjaus erikseen; sen asentaminen tulee kyseeseen esimerkiksi esteiden (puut yms.) luomasta toistuvasta varjostumasta paneeleille. /16/

Muut komponentit:

Invertterin ja paneelien lisäksi aurinkosähköjärjestelmä pitää sisältää lukittava vaihtovirtapiirin erotuslaite eli turvakytin. Turvakytkimelle tulee järjestää vapaa pääsy verkkoyhtiön palveluksessa oleville henkilöille. Turvakytkimessä on oltava asennon osoitus tai näkyvä avausväli. /17/

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluu myös energiamittari. Mittarilla dokumentoidaan verkkoon syötetyn ja sieltä ostetun sähköenergian määrä. Energiamittari kuuluu sähköjakeluverkon haltijan vastuulle. /14/

### 3.2.3 Mitoitusperiaatteet

Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien mitoitukseen voidaan käyttää seuraavia periaatteita:

- pohjakulutukseen perustuva mitoitus
- keskimääräinen tai enimmäiskulutus kesällä
- energiaomavaraisuus sähkön osalta
- soveltuva asennuspinta-ala
- investointiin käytettävä rahamäärä /21/

Aurinkosähköjärjestelmän kapasiteetti mitoitetaan usein niin, että suurin osa tuotetusta sähköenergiasta käytetään itse ja verkkoon päin syötetään vain vähän energiaa. Tällöin mitoitus on suunniteltu joko pohjakulutuksen perusteella tai kesäaikaisen kulutuksen perusteella. Verkkoon ylijäämänsähkön syöttäminen on luvanvaraista ja sitä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 3.2.4. Hyödynnettäessä aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa energiaa kiinteistön omakäyttöön, vältetään sähköveroilta ja sähkön siirtomaksuilta. Myytäessä energiaa sähköverkkoon, energiasta yleisesti maksetaan sähköpörsissä määräytyvä SPOT-hinta. Lisäksi verkkoyhtiö voi periä energian myynnistä korkeintaan 0,07 c/kWh verkkopalvelumaksuna. Kuvassa 14 on havainnollistettu pien-tuottajan verkkosähköstä maksettavan osuuden suhdetta verkkoon myytävän energian tuottoon. /18/



Kuva 14. Itsetuotetun energian käytön kustannustehokas hyödyntäminen. /18/

### 3.2.4 Sähköverkkoon liittämisen edellytykset

Kenellä tahansa on oikeus ryhtyä sähkön pientuottajaksi Suomessa. Verkonhaltijan tehtäviin kuuluu tarjota tuotetulle energialle luotettava siirtoverkko ja sen häiriötön toiminta. Suunnitteluvaiheessa tulee selvittää verkkoyhtiöltä liittämisestä koskevat ohjeet. Liitettäessä aurinkosähköjärjestelmää sähköverkkoon toimenpiteelle täytyy olla sähköverkon haltijan lupa. /17/

Tuotantolaitoksen verkkoon kytkeminen voi edellyttää muutoksia mittauslaitteistoihin ja kytkeminen on aina sähkötyötä, joka edellyttää asentajalta sähköasennuslupan. Liittäessä sähköverkkoon toimenpiteestä laaditaan tuotannon liittymissopimus. Lisäksi

solmitaan sähkön ostosopimuksen lisäksi sähköntuotantoa koskeva verkkopalvelusopimus. Pientuottajalla on oikeus liittyä ja siirtää sähkö verkkoon, kun tuotantojärjestelmä täyttää sille asetetut tekniset vaatimukset ja sähköenergialle on osoitettu ostaja. Ostajana toimii yleensä sähkön vähittäismyyjät. /19/

Verkonhaltijalle tulee toimittaa seuraavat tiedot ennen laitteiston liittämistä verkkoon:

- laitoksen tyyppi, nimellisteho ja nimellisvirta sekä oikosulkuvirta
- liitäntälaitteen (vaihtosuuntaajan) tyyppin
- järjestelmän suojauksen asetteluarvot ja toiminta-ajat

Em. tiedot toimitetaan verkkoyhtiölle käyttämällä mikrotuotannon yleistietolomaketta (liite 1). /17/

### 3.2.5 Aurinkopaneelien sijoitus

Aurinkopaneelit voidaan sijoittaa rakennuksen katolle, seinustalle tai maahan. Katto on usein rakennuksen aurinkoisin paikka ja varjostus on vähäistä. Lisäksi katolle asennettaessa paneelien pystysuuntaus on helppo toteuttaa optimaaliseen kulmaan. Paneelit voidaan asentaa mille tahansa katemateriaalille. Seinälle asennettaessa paneelien vuotuinen tuotto heikkenee noin 25–30 prosenttia 40 asteen pystysuuntaamiseen verrattuna. Toisaalta auringon paistaessa matalalta sähköä saadaan verrattain enemmän kattoasennukseen nähden. /11/

Aurinkopaneelien tuottoon vaikuttaa merkittävästi niiden suuntaus. Paras tuotto saavutetaan suuntaamalla paneelit suoraan etelään noin 40 asteen kulmaan. Asennuskulman muuttuessa etelästä kaakkoon tai koilliseen aurinkosähköjärjestelmän tuotto putoaa noin 7 prosenttia. Mikäli paneelit suunnataan suoraan itään tai länteen, saadaan noin 25 prosenttia pienempi tuotto suhteessa eteläsuuntaukseen. /11/

### 3.3 Aurinkojärjestelmien terminologia

Nimellisteho:

Aurinkopaneelin nimellisteho ilmoitetaan piikkivatteina (Wp). Tämä vastaa paneelin antamaa tehoa, joka saadaan auringon säteilyn tullessa paneelin pintaan 35 asteen kulmassa säteilytehon ollessa  $1000 \text{ W/m}^2$  ja ulkolämpötilan  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nämä arvot saavutetaan Suomessa aurinkoisena kesäpäivänä keskipäivällä. /20/

Aurinkosähköjärjestelmän teho ja hyötysuhde:

Aurinkopaneelin hyötysuhde saadaan jakamalla paneelin nimellisteho pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteilymäärällä, joka on  $1000 \text{ W/m}^2$ . Esimerkiksi 150 Wp:n omaava ja pinta-alaltaan  $1,2 \text{ m}^2$  aurinkopaneelin hyötysuhde lasketaan kaavalla (1):

$$h = \frac{P_u}{P_s}, \text{ jossa} \quad (1)$$

$h$  = paneelin hyötysuhde

$P_u$  = paneelista saatava teho

$P_s$  = paneelin tuleva auringonsäteilyn teho

Laskuesimerkki:

$$h = \frac{P_u}{P_s} = \frac{150 \text{ W}_p}{1,2 \text{ m}^2 * 1000 \text{ W/m}^2} = 0,125 = 12,5\%$$

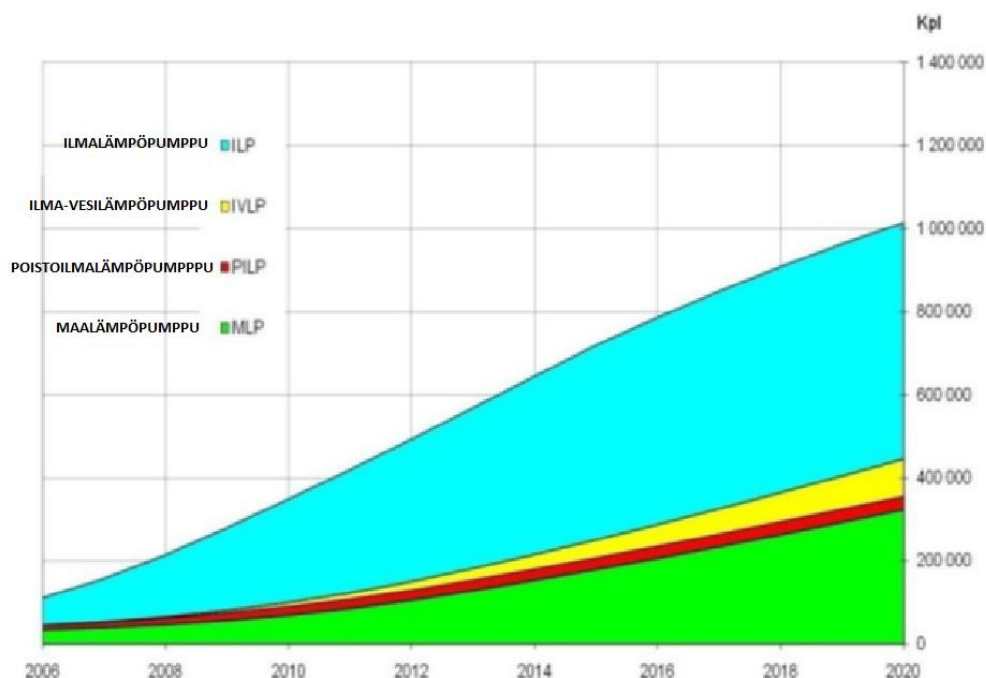
1 kWp:n saavuttaminen edellyttää noin aurinkopaneeleja noin 6-8 neliömetrin pinta-alalle. Etelä-Suomessa yhden 1 kWp:n tehoisella järjestelmällä saavutetaan vuosittain noin 800–1000 kWh sähköntuotanto. /20/



## 4 LÄMPÖPUMPUT

### 4.1 Historiaa

Kylmätekniikan ja sitä kautta lämpöpumpun historia voidaan katsoa alkaneeksi jo 1800-luvun lopulla Saksassa, jolloin patentoitiin kaasun höyrystys menetelmä. Tällöin lämpöpumpputekniikkaa sovellettiin jääkaapeissa. Kiinteistöjen lämmitykseen tarkoitettu lämpöpumppu-tekniikka tuli markkinoille 1970-luvun lopulla vallinneen öljykriisin seurauksena. Viime vuosina lämpöpumppujen määrä on ollut voimakkaassa kasvussa. /23/



Kuva 15. Lämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys 2006–2020. /24/

### 4.2 Toiminta

Lämpöpumpuksi kutsutaan laitetta, jolla siirretään energiaa kylmästä tilasta lämpimään. Samalla tekniikalla toimii myös esimerkiksi jääkaappi, mutta järjestelmän toiminta on päinvastainen kuin lämpöpumpulla. /23/

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoprosessiin höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Höyrystimen matalaan paineeseen nestemäinen vapautuva kylmäaine

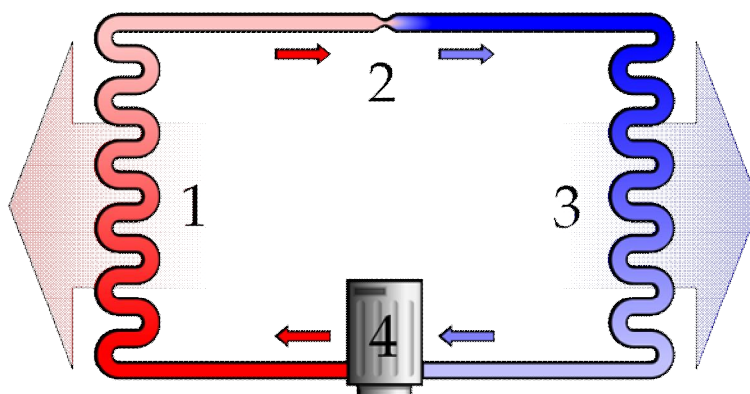
jäähtyy voimakkaasti. Kulkeutuessaan höyrystimen läpi kylmäaine lämpenee ja höyrystyy uudelleen. Lämmennyt kylmäaine puristetaan korkeaan paineeseen, jolloin sen lämpötila edelleen nousee. Tämän jälkeen kylmäaine kulkeutuu lauhduttimeen vapauttaen siihen sitoutuneen lämpöenergian ja lämmittäen esimerkiksi huoneilmaa tai käyttövettä /23/

#### 4.2.1 Kiertoprosessi

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoprosessiin, joka aikaansaadaan kompressorilla. Kompressor pumppaa ja puristaa kylmäainetta kahden eri lämmönvaihtimen välillä, jolloin kylmäaineen olomuoto muuttuu lämpöä siirrettäessä. /25/

Lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen neljä pääkomponenttia (kuva 12):

- lauhdutin (1)
- paisuntaventtiili (2)
- höyrystin (3)
- kompressor (4)



Kuva 15. Kylmä-aineen kiertoprosessi. /25/

Lämpöpumpun kiertoprosessissa höyrystimessä kylmäaineeseen sitoutuu lämpöä sen muuttaessa olomuotoaan nesteestä höyryksi. Höyrystin sijaitsee tilassa, josta lämpöä otetaan talteen. Kompressor imee höyrystyneen kylmäaineen höyrystimestä puristaen sen lauhduttimeen, jossa kylmäaine tiivistyy nesteeksi lämpöä vapauttaen. Lauhduttimesta lämpö otetaan talteen lämpöenergiaksi. Lämmönluovutuksen jälkeen kylmäaine

siirtyy jälleen höyrystimeen kulkien paisuntaventtiilin läpi, jonka jälkeen kylmäaineen paine laskee jyrkästi. Paisuntaventtiilin tehtävänä on pitää järjestelmässä kompressorin luoma paine höyrystimessä. Höyrystinpuolella taas paisuntaventtiili laskee painetta, joka luo edellytykset höyrystimen toiminnalle. /25/

#### 4.2.2 Lämpökerroin (COP)

Lämpöpumpun toiminnan tehokkuutta kuvataan sen lämpökertoimella. Yleisesti tästä on myös käytössä lyhenne COP, joka muodostuu englannin kielen termistä ”Coefficient Of Performance”. COP-arvo kertoo missä suhteessa lämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa suhteessa kulutettuun sähköenergiaan, eli COP on yksi lämpöpumpun suorituskyvyn mittari. Laite jonka lämpökerroin on 4, tuottaa neljä kilovattia lämpötehoa ja kuluttaa yhden kilovatin sähkötehoa kompressorin ja puhaltimien käydessä. Teoreettinen lämpökerroin voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\text{Lämpökerroin} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}, \text{ jossa} \quad (2)$$

$T_1$  = Lämpötila, josta lämpöä siirretään (ulkoilma), K

$T_2$  = kylmäaineen lauhtumislämpötila (sisäilma tai kiertovesi), K

Lämpöpumppujen lämpökertoimia verratessa täytyy huomioida lämpökertoimen olosuhderiippuvuus. On tärkeä tarkastella olosuhteita, jonka pohjalta kyseinen arvo on laskettu. Lämpökertoimen antama luku ei täysin vastaa todellista kerrointa, koska siinä ei huomioida komponenttien (kompressori ja puhaltimet) mekaanisia häviöitä. Lisäksi on huomattava lauhtumislämpötilan vaikutus lämpökertoimeen; mitä korkeampi lauhtumislämpötila, sitä pienemmäksi lämpökerroin muuttuu. Tämän vuoksi lämmitettävän kohteen, esimerkiksi kiertoveden, matala lämpötila on käyttäjälle edullisempaa. /23/

COP-lukemia vertailtaessa täytyy varmistaa, millä standardilla ja millaisilla mittausarvoilla luku on saatu. Lähtöarvot vaikuttavat voimakkaasti saatuun COP-lukuun ja näinollen laitteiden vertailu keskenään on vaikeaa.

#### 4.2.3 Vuosihyötysuhde (SCOP)

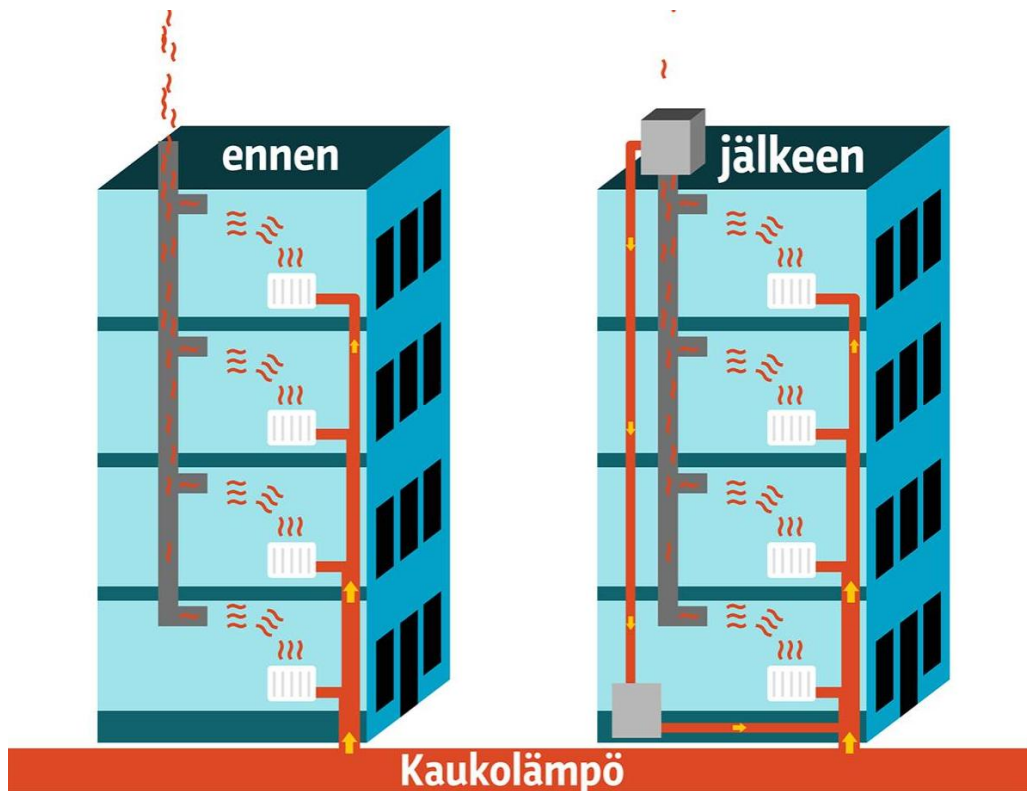
SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) kertoo koko lämmityskauden hyötysuhteen. SCOP-luku perustuu standardiin EN 14825, jossa otetaan huomioon laitteiston toiminta erilaisissa ilmasto-olosuhteissa. Suomessa myytävien laitteiden SCOP-luvun tulee olla laskettu Helsingin ilmasto-olosuhteissa. Lähtöarvojen ollessa standardin mukaiset, SCOP-lukua vertailemalla kuluttajan on helpompi vertailla laitteistoja keskenään. /47/

#### 4.2.4 Kylmäaine

Lämpöpumppujen kylmäaineet ovat kehittyneet viimeaikoina nopeasti. Vanhoista CFC-yhdisteistä ja freoni-kaasusta on luovuttu niiden otsonia tuhoavien vaikutusten takia. Nykyään käytössä olevat kylmäaineet ovat biologisesti hajoavia, eivätkä aiheuta otsonikatoa. Kuitenkin ne luokitellaan kasvihuonekaasuiksi, jonka vuoksi koko ajan etsitään uusia parempia sovelluksia. Muun muassa kasvihuonekaasu-luokituksen vuoksi kylmäaineiden käsittely on luvanvaraista toimintaa. /23/

#### 4.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpuista käytetään lyhennettä PILP. Se toimii kuten aiemmin käsitelty lämpöpumppu, mutta on suunniteltu ottamaan energiaa talteen kiinteistön poistoilmasta siirtäen sen käyttöveteen tai lämmityksen kiertoveteen. Poistoilman energiasta saadaan vuositasolla talteen noin 60–80 prosenttia. Poistoilmalämpöpumppu ei yksinään riitä huolehtimaan kiinteistön lämmityksestä, vaan se tarvitsee rinnalleen jonkin toisen energialähteen. Usein lisälämmönlähteenä käytetään sähköä, mutta myös kaukolämpö voi toimia lisä lämmönlähteenä. Kaukolämmön ja poistoilmalämpöpumpun yhteistoiminta kerrostalokiinteistössä on esitetty kuvassa 17. /27/



Kuva 17. Kerrostaloon asennetun poistoilmalämpöpumpun periaatekuva. /26/

## 5 SELVITYKSEN KOHDE

### 5.1 Yleistä

As. Oy Porin Aittaluodonkatu 7-11 on rakennettu vuonna 1967. Asunto-osakeyhtiöön kuuluu 42 asuinhuoneistoa ja kolme liikehuoneistoa. Lisäksi yhtiössä on kymmenen kappaletta lämpimiä autotalleja ja 31 kpl autopaikkoja, jotka on varustettu lämmityspistokkeilla. Kiinteistö on suurilta osin kolmikerroksinen, vain rakennuksen idänpuoleisessa osassa sijaitsee yhteen kerrokseen sijoitettuja asuinhuoneistoja. Liiketilat sijaitsevat pohjakerroksessa rakennuksen korkeassa osassa.

Kiinteistöä on peruskorjattu vuonna 2004, jolloin rakennuksen matalan osan vanhat toimitilat muutettiin viideksi asuinhuoneistoksi.

Kiinteistön kerrosala on isännöitsijätodistuksen mukaan 2745,5 m<sup>2</sup>, josta 2344 m<sup>2</sup> on asuinhuoneistojen osuus ja 311 m<sup>2</sup> on liikehuoneistojen osuus. Rakennustilavuus 12900 m<sup>3</sup>.

## 5.2 Taloyhtiön ilmanvaihto ja veden- sekä energiankulutus

### 5.2.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa on saneerattu vuonna 2004. Tällöin korkeassa osassa on uusittu huoneistojen pesuhuoneiden, saunojen ja vaatehuoneiden vaakakanavat. Huoneistojen tuloilma tuodaan ulkoa tuloilmaventtiilien kautta, jotka on sijoitettu uusittuihin ikkunoihin. Lisäksi vanhat kanavat on puhdistettu. Matalan osan asuinhuoneistojen ilmanvaihto toteutettiin erikseen omilla poistoilmakoneillaan. Myös ilmastoinnin säätö suoritettiin saneerauksen yhteydessä.

Kiinteistön ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistoilmanvaihdolla. Suurin osa poistoilmasta johdetaan koontikanavien kautta rakennuksen katolle yhdestä kanavasta poistoilmapuhaltimien avulla. Katutason liikekiinteistöillä on oma huippuimuri.

Matalan osan uusien huoneistojen kahdessa asunnossa on oma huippuimuri ja loput kolme huoneistoa on yhdistetty vanhaan liikekiinteistön nousuhormiin. Autotalleissa ja ullakon, varastotiloissa on painoivoimainen ilmanvaihto. Kellariin sijoitetuissa varastotiloissa ilmanvaihto on toteutettu omalla poistoilmapuhaltimella.

A-E rappujen huoneistot sekä ullakkotilojen yhteiset tilan muodostavat suurimman yksittäisen poistoilmavirran, joka on keskitetty hormien kautta yhteen poistoilmakammioon. Poistoilmakammioista jäteilma siirretään rakennuksen kattorakenteiden läpi ulos. A-E rappujen yhteenlaskettu poistoilman määrä on 1010 l/s, joka muodostaa valtaosan kokonaispoistoilmamäärästä.

### 5.2.2 Kiinteistön veden- ja energiankulutus

Taloyhtiön lämmönlähteenä toimii kaukolämpö ja lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella patterilämmityksellä. Kaukolämmön toimittaja on Pori Energia Oy. Lämmityslaitteiden saneeraus ja perussäätö on tehty vuosina 1997–1998, jolloin lämmönjakokeskus on uusittu. Tällöin uusittiin myös automatiikka ja lämmönjaonsäätöventtiilit. Saneerauksen yhteydessä asuntojen märkätiloihin asennettiin sähköinen lattialämmitys. Taloyhtiön vesi- ja viemäriputket on uusittu vuonna 2004.

Veden- ja energiankulutukset on esitetty taulukossa 1.

vuosi	vesi	sähkö	lämpö
	[m <sup>3</sup> ]	[kWh]	[MWh]
2010	2534	32892	640
2011	2577	36244	653
2012	2528	34556	619
2013	2541	33438	585
2014	2602	34932	523
2015	2541	32848	490
2016	2701	31660	580

Taulukko 1. As. Oy Porin Aittaluodonkadun 7-11 veden- ja energiankulutus 2010–2016.

Lämpimän käyttöveden osuus kokonaisvedenkulutuksesta voidaan arvioida olevan 40 prosenttia kerrostalokiinteistössä, kun tarkkoja kulutusarvoja ei ole selvillä. /31/

Taulukkoon 2. on laskettu taloyhtiön vuosikulutuksen perusteella kuukausikohtaiset käyttövedenkulutukset ja lämpimän käyttöveden osuus.

vuosi	vesi	Kulutus /kk	Lkv osuus
	[m3]	[m3]	[m3]
2010	2534	211	84
2011	2577	215	86
2012	2528	211	84
2013	2541	212	85
2014	2602	217	87
2015	2541	212	85
2016	2701	225	90

Taulukko 2. As. Oy Porin Aittaluodonkadun käyttöveden ja lämpimän käyttöveden kulutus kuukausittain.

Taulukon 2 tiedoista laskettiin keskimääräinen lämpimän käyttöveden kulutus vuorokautta kohti. Vuorokautiseksi lämpimän käyttöveden kulutukseksi taloyhtiössä saatiin 2,83 m<sup>3</sup>.

Lämpimän käyttöveden lämpöenergiantarve lasketaan kaavalla (3):

$$f_{lkv} = \frac{r_v * C_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv})}{3600}, \text{ jossa} \quad (3)$$

$f_{lkv}$  = lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve, kWh

$r_v$  = veden tiheys, 1000 kg/ m<sup>3</sup>

$C_{pv}$  = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 Kj/(kgK)

$V_{lkv}$  = lämpimän käyttöveden kulutus vuorokaudessa, m<sup>3</sup>/vrk

$T_{lkv}$  = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

$T_{kv}$  = Kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3600 = laatumuunnos kilovattitunneiksi, J/s

Lämpimän ja kylmän käyttöveden lämpötilaerona ( $T_{lkv} - T_{kv}$ ) käytetään arvoa 50 °C, ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muuta arvoa. /31/



Käyttämällä lähtöarvoina  $2,83 \text{ m}^3$  vuorokausikulutusta ja lämpötilaerona  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , saadaan keskimääräiseksi lämpimän käyttöveden energiankulutukseksi  $165 \text{ kWh}$  vuorokautta kohti. Kuukausitasolla tämä tarkoittaa noin  $5 \text{ MWh:n}$  kulutusta. Kesäaikana kiinteistön kaukolämmönkulutus on pienimmillään  $6 \text{ MWh:n}$  luokkaa.

Vuositasolla kiinteistössä lämpimän käyttöveden tuottoon kulutettu energia on:

$$165 \text{ kWh/vrk} * 365 \text{ vrk} = 60225 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden osuus kiinteistön lämpöenergian kulutuksesta on noin 10 prosenttia.

## 6 AURINKOENERGIAN SOVELTAMINEN KIINTEISTÖSSÄ

### 6.1 Aurinkokeräinten tai paneelien sijoitus

Rakennus sijaitsee rannikolla, joka on Suomen oloissa optimaalinen sijainti aurinkoenergian hyödyntämisessä. Kiinteistön korkeanosan konesaumatus peltikaton harja suuntautuu (kuva 18.) lähes itä-länsi akselille, joten ainakin osa kattopinta-alasta soveltuu hyvin paneelien tai keräimien asennukseen. Katto on tyypiltään pulpettikatto, joka viettää alaspäin pohjoisella lappeella. Etelään suuntautuva lape on tasakattoa. Kuitenkin tällä lappeella sijaitsee kaksi tuuletusparveketta, jotka vähentävät mahdollista kattoasennuspinta-alaa. Korkean osan kattopinta-ala on noin  $850 \text{ m}^2$ , josta etelälapteen tasakaton osuus on noin  $220 \text{ m}^2$ . Pinta-alasta on laskettu pois tuuletusparvekkeet. Rakennuksen matalan osan katto on tasakattoa ja katemateriaalina bitumikermi. Tämän rakennusosan kattopinta-ala on noin  $170 \text{ m}^2$ .



Kuva 18. Kiinteistön sijoittuminen ilmansuuntiin nähden.

Kiinteistön korkeanosan eteläpuoleiselle lappeelle sijoitettavat aurinkopaneelit tai aurinkokeräimet suuntautuisivat lähes suoraan etelää kohti, joka mahdollistaa hyvän hyötysuhteen. Kyseisen lappeen tasakatto tarjoaa varjottoman asennuspaikan ja komponentit voidaan asentaa 30 asteen kulmaan

## 6.2 Rakennusvalvonnan paikallinen ohjeistus

Aurinkopaneelien tai –keräimien asennus edellyttää Porin kaupungissa vähintään rakennusvalvonnan myöntämän toimenpideluvan. Mikäli kaupunkikuva muuttuu huomattavasti tai rakennus on suojeltu, tarvitaan hankkeeseen rakennuslupa. Toimenpidelupaa haettaessa siihen pitää sisällyttää seuraavat asiakirjat:

- kaupparekisteriote
- pääpiirustukset 2-3 sarjaa allekirjoitettuna
- asemapiirros
- pohjapiirros
- leikkauspiirustus
- julkisivupiirustus, väri- ja materiaali muutokset
- rakennushankeilmoitus RH1
- naapurien kuuleminen (tarvittaessa)
- asunto-osakeyhtiön hallituksen pöytäkirjaote
- toimenpidelupaa haetaan rakennuslupahakemuksella:

Lisäksi rakennusvalvonta voi edellyttää muita lisäselvityksiä. /30/

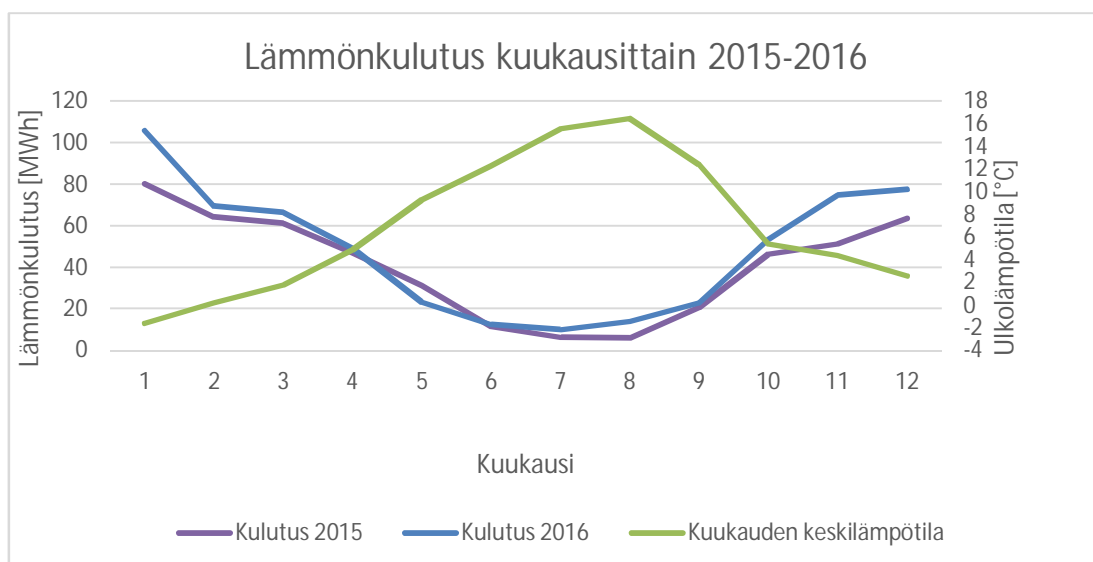
### 6.3 Aurinkokeräimien hankinta

Aurinkoenergiajärjestelmää hankittaessa ensimmäinen edellytys on kartoittaa energiantarve, joka tuottaminen on taloudellisesti perusteltua. Järjestelmän mitoitus on järkevää jättää järjestelmän myyjälle, jolloin tuotettu energia käytetään käyttöpaikassa tehokkaasti. Järjestelmään hankittaessa tarjouspyynnöt kannattaa pyytää kokonaisurakkana ja laitteiston suorituskykyä vertailemalla tuotantohintoja [€/kWh] keskenään. Pelkkään edulliseen hankintahintaan perustuva toimitus voi sisältää heikkolaa-tuisia komponentteja ja johtaa alhaisempaan energiantuotantoon.

Aurinkokeräimille on kehitetty Solar Keymark- sertifointi. Sertifiointi tapahtuu puolueettomassa laboratoriossa ja se on kansainvälinen; valmistusmaasta riippumatta keräimistä pitäisi löytyä Solar Keymark-merkintä. Solar Keymark-testissä tutkitaan keräimen tehokkuutta standardin mukaisilla lämpötiloilla. Testin tuloksena saadaan ns. eta-arvo, joka kertoo kuluttajalle keräimen tehokkuuden optimiolosuhteissa. /48/

Tarjouspyyntöihin kannattaa sisällyttää:

- asukasmäärä
- nykyinen lämmöntuotantomuoto
- kohteen energian ja veden kulutusprofiilit
- LVI- ja arkkitehti- piirustukset
- tiedot asennuspaikasta (katon kaltevuus, pinta-ala ja materiaali)
- järjestelmän tuottotakuu ja takuu-aika /29/



Kuva 19. As. Oy Porin Aittaluodonkatu 7-11 kaukolämmönkulutus kuukausittain vuosina 2015–2016.

#### 6.4 Aurinkokeräin-investointi

FinSolar ([www.finsolar.net](http://www.finsolar.net)) on Aalto-yliopiston ylläpitämä internetsivusto, josta löytyy Aalto-yliopiston kehittämä laskenta-ohjelma aurinkokeräimien kannattavuuden arviointiin. Aurinkolämpöjärjestelmien investointien hintaa (€/keräin-m<sup>2</sup>) asunto-osakeyhtiöihin on tutkittu ja vaihteluväli on 620–930 €/keräin-m<sup>2</sup>. Hinnat ovat verollisia hintoja. /32/

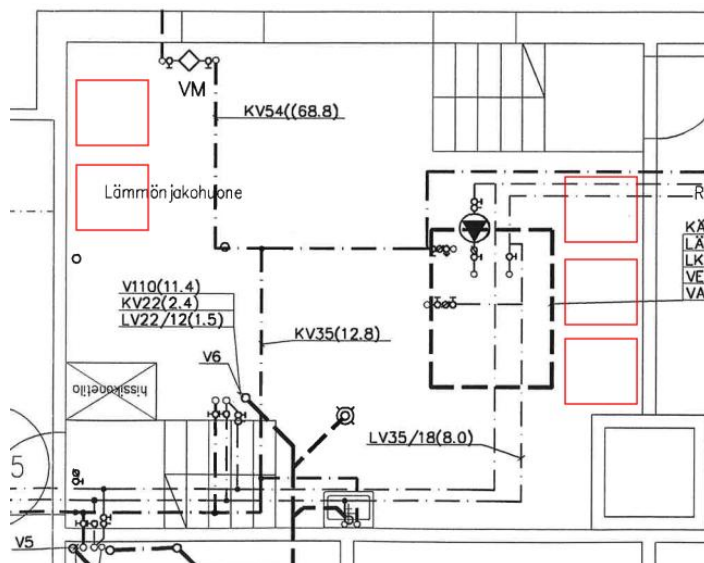
Aurinkokeräimien investoinnin kannattavuutta tutkittiin syöttämällä ohjelmaan taloyhtiön kuukausittainen energian kulutus, järjestelmän hinta, keräinneliöiden lukumäärä, kaukolämmön nykyhintaa. Ensimmäisessä skenaariossa oletuksena oli kahden prosentin korkokanta, aurinkolämmön täysimääräinen omakäyttö, kaukolämmön hinnan kahden prosentin vuosittainen hinnan nousu. Tutkittavaksi keräinneliöiden lukumääräksi valittiin 50 m<sup>2</sup> ja järjestelmän kustannukseksi 31 000 €, joka vastaa 620 €/keräin-m<sup>2</sup>. Tyypillinen asunto-osakeyhtiöihin asennettavan aurinkolämpöjärjestelmän koko on noin 40 m<sup>2</sup>. /32/

Säteilyenergian määrä mitoitettiin sijainnin perusteella, keräimien suuntaus suoraan etelään 30 asteen kallistuskulmassa. /33/

Näillä lähtötiedoilla järjestelmän takaisinmaksu-ajaksi saatiin 28 vuotta ja tuotetun lämmön hinnaksi 54,6 €/MWh. Jos järjestelmä toteutetaan ilman lainakuluja, lyhenee takaisinmaksu-aika 22 vuoteen. Laskentataulukko on esitetty liitteessä 2.

Energiavaraajien hinta sisältyy suoritettuun laskelmaan. Aurinkokeräimille tarvittavaa energiavaraaja-tilavuutta voidaan arvioida keräinpinta-alan avulla, joka on 50 l/keräin-m<sup>2</sup>. Tällöin varaajan tai varaajien tilavuudeksi saadaan 2500 litraa. Varaajien sijoitus ja tilantarve toimi lähtökohtana järjestelmän mitoitukselle. 50 neliömetrin aurinkokeräinjärjestelmä tuottaa laskelman (liite 2) mukaan kesällä noin 3,2 MWh energiaa käyttöveden lämmitykseen. Tämä on noin puolet lämpimän käyttöveden tehontarpeesta taloyhtiössä kesäaikana.

Kuvassa 20. on arvioitu varaajien sijoitusta lämmönjakohuoneeseen. Energiavaraajien tarvitsemana pinta-alan on käytetty Jäspi GTV 500-energiavaraajan pohjan mittoja, jotka ovat 0,743 m \* 0,743 m. /36/

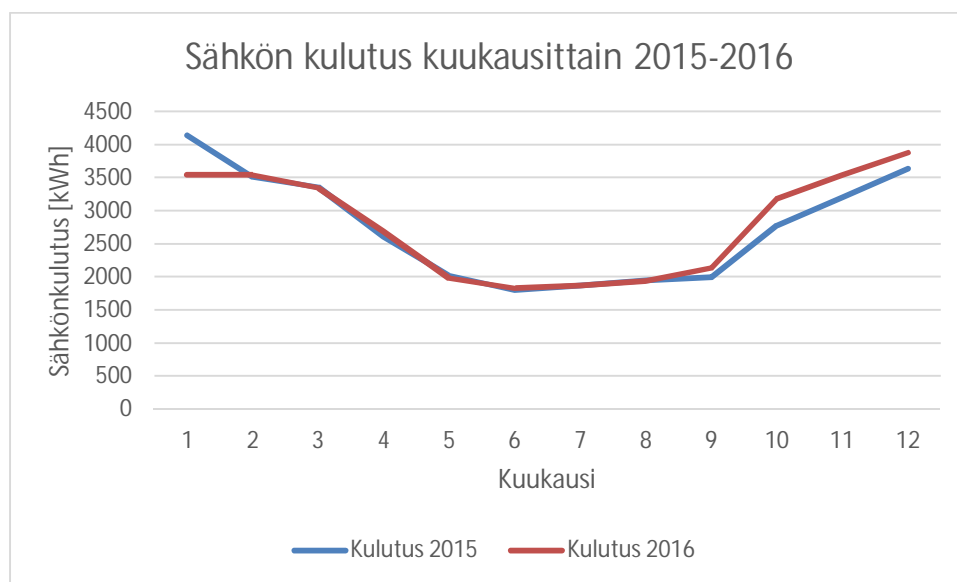


Kuva 20. Energiavaraajien sijoitus lämmönjakohuoneeseen.

## 6.5 Aurinkosähköjärjestelmän hankinta

Taloyhtiön sähkön kokonaiskulutus muodostuu asuinhuoneistojen ja kiinteistösähkönkulutuksesta, joista suurin osa kulutetusta sähköstä käytetään huoneistoissa. Kiinteistösähköä kuluu pääasiassa valaistukseen, autopaikkojen lämmityspistokkeissa ja talotekniikan pumpuissa ja puhaltimissa. Asunto-osakeyhtiössä aurinkosähköjärjestelmien haaste on tuotetun sähkön mittaus. Jokaisella huoneistolla on oma kulutusmittari, mutta aurinkoenergian käytön huoneistokohtainen mittarointi edellyttäisi uudistusta käytettävään tekniikkaan. Tällöin aurinkoenergian käyttö mitattaisiin huoneistokohtaisesti.

Kuten kohdassa 3.2.3 todettiin, aurinkosähköjärjestelmä kannattaa mitoittaa kiinteistön pohjakulutuksen mukaan. Tällöin suurin osa tuotetusta sähköstä kulutetaan omassa kiinteistössä, kattaen kiinteistön pohjakuorman. Kuten aurinkolämpö, niin myös aurinkosähköjärjestelmä on järkevää kilpailuttaa kokonaisurakkana ja käyttää järjestelmien vertailuun tuotantohintaa [€/kWh]. Tarjouspyyntöön on tärkeä liittää mukaan tiedot kiinteistön sähkönkulutuksesta ja kulutusprofiilista. /29/



Kuva 21. As. Oy Porin Aittaluodonkatu 7-11 sähkönkulutus kuukausittain vuosina 2015–2016.

Kiinteistön kokonaissähkönkulutuksen profiili on esitetty kuvassa 15. Kokonaiskulutus noudattaa profiililtaan lämmönkulutuksen käyrää (kuva 21). Aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa on syytä selvittää kiinteistön sähkönkulutus tunnin tarkkuudella. Näin voidaan selvittää hetkelliset kulutukset, jotka aurinkosähköjärjestelmällä on järkevä kattaa. Kuukausitasolla esimerkiksi aamuiset kulutuspiikit eivät ole havaittavissa ja tarkempi analyysi helpottaa järjestelmän mitoitusta, joka vaikuttaa olennaisesti takaisinmaksuaikaan.

## 6.6 Kytkentätavat kerrostalossa

Kerrostalo-yhtiössä aurinkosähköä voidaan hyödyntää kolmella eri tavalla:

- 1) Järjestelmä kytketään yksittäisen kerrostaloasukkaan sähköliittymään.

Tällöin asukas hankkii yksinään oman järjestelmän, joka kytketään asukkaan omaan sähköliittymään. Järjestelmän kannattavuus on huono, koska järjestelmä on kooltaan pieni ja hankintakustannukset korkeat näinollen korkeat.

- 2) Järjestelmä kytketään kiinteistösähköön.

Tässä vaihtoehdossa aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan kattamaan kiinteistösähkönkulutus ja se ei vaikuta osakkaiden sähkönkäyttöön, eikä osakkaiden sähkösopimuksiin. Järjestelmä tulee mitoittaa oikein, jolloin suurin osa sähköstä käytetään itse. Tämä on helpoin tapa hyödyntää aurinkosähköä kerrostalo-yhtiössä. Järjestely vaatii yhtiökokouksen enemmistöpäätöksen sillä edellytyksellä, ettei yksittäiselle osakkaalle tuleva kustannus ole kohtuuton.

- 3) Takamittarointi

Takamittarointi mahdollistaa suurimman energiantuotannon, koska silloin voidaan hyödyntää tuotettua sähköä kiinteistösähkönkulutuksen ja osakkaiden kulutuksen kattamiseen. Järjestely kuitenkin vaatii yhtiökokouksen yksimielisen päätöksen, koska asukkaat luopuvat oikeudestaan valita sähkön tuottaja sähkömarkkinalain mukaan. Tällöin taloyhtiöstä tulee sähköntoimittaja; huoneistojen sähköliittymät poistetaan ja taloyhtiö myy sähkön erikseen mittaroituna sähkövastikkeena. /49/

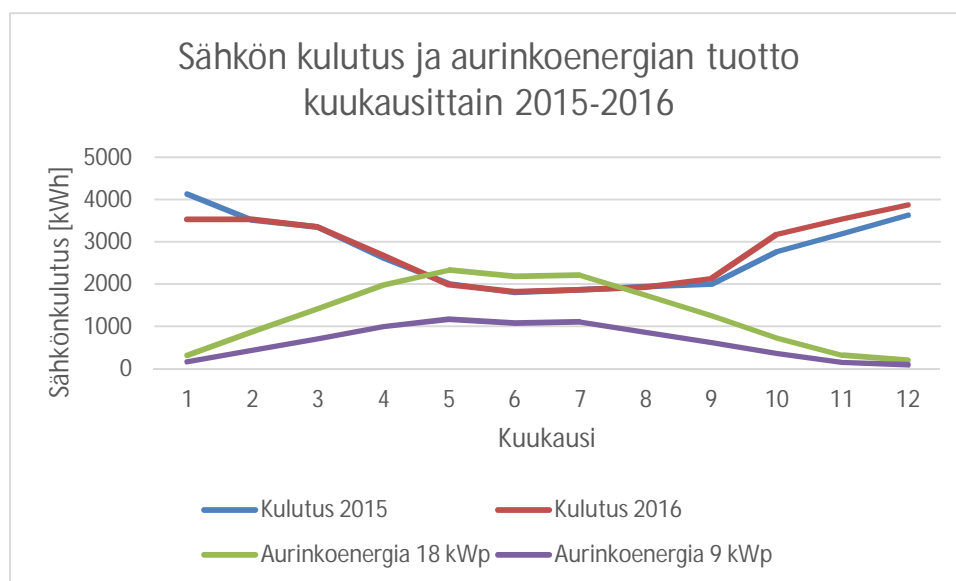
## 6.7 Aurinkosähköjärjestelmä-investointi

Kiinteistön korkean osan etelälape tarjoaa erinomaiset edellytykset paneelien sijoittamiseen. Katto-osuuden pinta-alaa paneelien asennukseen on käytävissä noin 160 neliömetriä, koska tuuletusparvekkeet vievät osan kattoalasta ja paneeleita ei voida asentaa aivan lappeen reunoille. Käytävissä olevalle asennusosalalle voidaan harkita asennettavaksi 120 neliömetriä paneelipinta-alaa, jolloin 35 asteen kulmaan asennettavat paneelit eivät varjosta toisiaan ja huoltoon jää tilaa. Osa paneeleista sijoitettaisiin myös pohjoisenpuoleiselle lappeelle.

Investoinnin laskentaan on käytetty Naps Solar Systems Oy:n vakiojärjestelmää, jonka nimellisteho on 9 kWp. Paneeliston korkeus on 6,6 metriä ja leveys 9,1 metriä. Etelälappeelle voidaan sijoittaa kaksi em. paneelistoa. Järjestelmän vuotuiseksi tuotoksi saadaan valmistajan arvion mukaan yhteensä 13780–15900 kWh. /34/

Aurinkoenergian tuottoa laskettiin Euroopan Unionin ylläpitämän sivuston laskentaohjelmalla (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>). Ohjelmaan syötettiin kohteen sijainti ja haluttu teho sekä paneelien asennuskulma. Halutuksi tehoksi annettiin 18 piikkivattituntia, paneelien suuntaus suoraan etelää kohti ja asennuskulmaksi 35°. Lisäksi laskettiin 9 kWp:n tuotto muutoin samoilla parametreilla. Saaduista arvoista piirrettiin kuvaaja (kuva 21), josta selviää aurinkoenergian tuotto ja asunto-osakeyhtiön kiinteistösähkönkulutus. Laskenta-ohjelman mukaan 18 kWp:n paneelien vuosituotto on 15600 kWh, joka on valmistajan antaman arvion yläpäästä.





Kuva 22. Kiinteistön sähkönkulutus ja aurinkoenergian tuotto.

Kuvasta 22 voidaan todeta, että 18 kWp:n paneelipinta-alalla kesäaikaista tuotantoa on yli kiinteistön oman kulutuksen. Kuten kappaleessa 3.2.3 todettiin, aurinkosähköjärjestelmä kannattaa mitoittaa kiinteistön oman käytön mukaisesti, jolloin verkkoon myytävää sähköä ei juuri tuoteta. 9 kWp:n paneelien tuotto jää kesäaikaista kulutusta noin 800 kWh pienemmäksi, joten optimaalinen paneeliteho kiinteistöön näillä kulutustiedoilla on hieman 18 kWp:n paneelitehoa pienempi.

Aurinkojärjestelmää mitoitettaessa tuntikohtaisen kulutuksen huomioiminen on tärkeää, koska aurinkoenergian tuotanto painottuu aamusta alkuiltaan. Kuukausitasolla voidaan vain karkeasti arvioida tarvittavaa paneelitehoa, mutta vuorokauden sisällä tapahtuva kulutuksen vaihtelu ei tule esille. Tämä voi johtaa ei-toivottuun ylituotantoon, jolloin osa sähköstä myydään verkkoon. Ylimitoitettun järjestelmän takaisinmaksu-aika on huonompi kuin sellaisen, jonka tuotosta suurin osa käytetään kiinteistön omiin tarpeisiin.

Aurinkosähköjärjestelmien investointikustannuksia on kartoitettu Finsolar-hankkeessa ([www.finsolar.net](http://www.finsolar.net)), jonka mukaan aurinkosähkön investointikustannukset ovat olleet vuonna 2016 10–250 kW:n järjestelmille avaimet käteen toimituksena 1300–1674 €/kWp. On huomattava, että suuremmilla järjestelmillä hinta €/kWp on alhaisempi kuin pienillä järjestelmillä; suuremmissa investoinneissa paneelien neliöhinta

jää matalammaksi ja mm. kaapeloinnin hinta on pienempi suhteessa kokonaisinvestointiin.

Keskiarvolla 1487 €/kWp järjestelmän hinnaksi muodostuu:  $1487 \text{ €/kWp} * 18 \text{ kWp} = 26766 \text{ €}$

Lisäksi invertteri joudutaan uusimaan todennäköisesti kerran järjestelmän elinkaaren aikana. Invertterin kustannuksiksi oletetaan 3000€ Kokonaiskustannukset ovat yhteensä 29766€

Järjestelmän takaisinmaksu-aikaa voidaan arvioida karkeasti saaduilla lähtötiedoilla ja jätetään huomiotta huoltokustannukset (paneelien puhtaanapito), investoinnin korkomenot, paneelien jäännösarvo ja energian hinnan kehitys tulevaisuudessa. Lisäksi oletetaan kaiken tuotetun sähkön kuluvan taloyhtiössä, voidaan takaisinmaksu-aika laskea seuraavalla kaavalla (4):

Takaisinmaksu-aika= kokonaisinvestointi / kustannussäästö vuodessa (4)

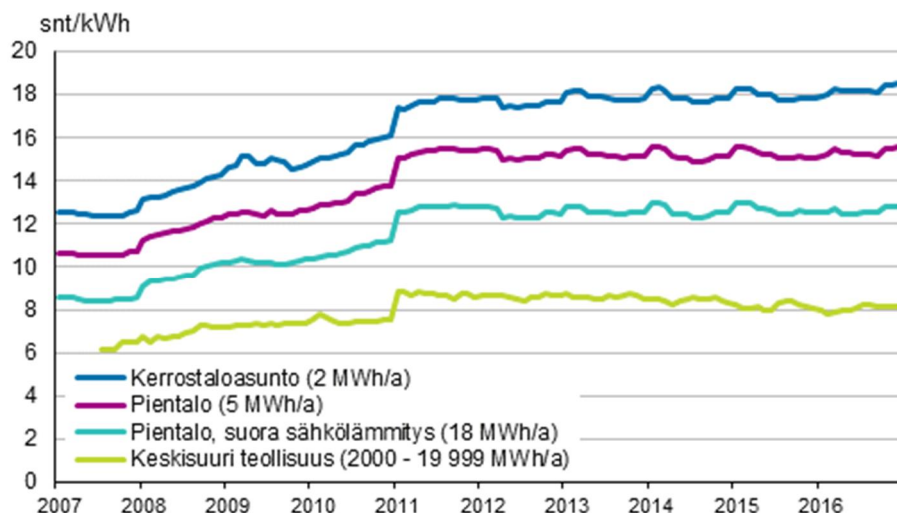
Sähköenergian kokonaishintana käytetään Pori energia Oy:n yleissähkön hintaa vuonna 2017, joka on 0,0885 €/kWh. /40/

Kustannussäästöksi vuodessa saadaan:  $15600 \text{ kWh} * 0,0885 \text{ €/kWh} = 1380 \text{ €}$

Tällöin aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksu-ajaksi saadaan:

Takaisinmaksu-aika=  $29766 \text{ €} / 1380 \text{ €} = 21,6 \text{ vuotta}$ .

Investoinnin kannattavuutta tarkasteltaessa on huomioitava sähkön hinnan kehitys tulevaisuudessa. Yllä olevassa laskelmassa ei ole otettu huomioon hinnan muutosta, koska hintakehitystä on vaikeaa arvioida. Yleisesti ennustetaan sähkön hinnan nousevan, mutta aikajänteen ennustaminen on haastavaa. Hinnan kehityksen historian pohjalta voidaan ajatella hinnan nousevan tulevaisuudessa (kuva 23).



Kuva 23. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin vuosina 1/2007-3/2017. /50/

## 7 POISTOILMALÄMPÖPUMPPU-INVESTOINTI

### 7.1 Komponenttien sijoitus kiinteistöön

Kerrostalo-kiinteistöön asennettavan poistoilmalämpöpumpun lämmönvaihdin yksikkö sijoitetaan rakennuksen katolle poistoilmakanavan päälle tai sen läheisyyteen.

Lämmönvaihtimesta lämpö siirretään putkien kautta energiavaraajaan, jotka normaalisti sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen. Nykyinen poistoilmakanava on rakennuksessa miltei suoraan lämmönjakohuoneen yläpuolella. Lämmönsiirtoputkiston sijoituksessa on mahdollista hyödyntää lämmönjakohuoneen läheisyydessä sijaitsevaa porraskäytävää. Putkisto on yksinkertainen ja edullinen asentaa porraskäytävään toteutettavaan koteloon; putket tulevat kiinteistön ullakkokerroksesta kulkien rappukäytävässä koteloinnin sisällä ja kellarikerroksen kattoa pitkin lämmönjakohuoneeseen.

Energiavaraajat ja itse lämpöpumppuyksikkö säätiminen sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen ja liitetään lämmönjakokeskukseen.

## 7.2 Poistoilmasta talteenotettava energia

Poistoilmasta suurin osa puhalletaan kiinteistön ullakkotiloihin sijoitettujen huippuimureiden kautta poistokanavaan ja sieltä katon läpi ulos. Tätä kautta poistetun ilman määrä on noin 1010 l/s. Kiinteistön F-rapun ilmastointi hoidetaan omalla poistoilmapuhaltimella, jonka poistoilmamäärä on 228 l/s. F-rapun poistoilmapuhaltimen yhdistäminen koontikanavaan on rakennus- ja ilmastointiteknisesti helppo toteuttaa, jolloin laskennassa myös tämä on otettu huomioon kokonaisilmamäärässä. Kokonaisilmamäärä on siis yhteensä 1238 l/s.

Lämmöntalteenottokapasiteetti voidaan laskea kaavalla (5):

$$f = r_i * C_{pv} * q_v * \Delta T, \text{ jossa} \quad (5)$$

$f$  = teho, kW

$r_i$  = ilman tiheys, kg/m<sup>3</sup>

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/(kgK)

$q_v$  = poistoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$\Delta T$  = poistoilmapumpun läpi kulkeneen jäteilman lämpötilaero, K

Poistoilmalämpöpumppuvalmistajista Nibe ilmoittaa heidän järjestelmänsä ulospuhalluslämpötilaksi keskimäärin 3-5 °C, joten seuraavassa laskelmassa on käytetty ulospuhalluslämpötilana 3 °C, koneen sisäänmenolämpötilana 22 °C ja poistoilmavirtana kiinteistössä mittauksilla varmennettua arvoa 1,238 m<sup>3</sup>/s. /37/

$$f = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ kJ/(kgK)} * 1,238 \text{ m}^3/\text{s} * (22-3)^\circ\text{C} \gg 28,23 \text{ kW}$$

Todellinen talteen saatu energia poistoilmalämpöpumpulla on noin 60–80 % poistoilman energiamäärästä. /38/

Talteen saatu energia 70 prosentin hyötysuhteella on:

$$28,23 \text{ kW} * 0,7 \approx 19,76 \text{ kW}$$

Talteen saadun energian määrä vuodessa (a) saadaan kertomalla teho vuoden tuntimäärällä:

$$19,76 \text{ kW} * 8760 \text{ h/a} = 173084 \text{ kWh/a, joka on noin } 173 \text{ MWh/a}$$

Lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittu energia oli 70 MWh/ a, joten poistoilmapumpun kapasiteetista jää tilojen lämmitykseen vielä noin 100 MWh/a.

### 7.3 Poistoilmalämpöpumppu-investointi

Poistoilmalämpöpumpun tuottama energia on vähentää vuodessa ostettavaa kaukolämmön määrää noin 173 MWh. Kaukolämmön hinta on Pori Energia Oy:llä Porin runkoverkon alueella 59,62 €/MWh, jolloin säästetyn kaukolämpöenergian hinnaksi saadaan:

$$59,62 \text{ €/MWh} * 173 \text{ MWh/a} \approx 10314 \text{ €/a.}$$

Lisäksi on huomioitava kaukolämmön tehomaksun pieneneminen vuosittain noin 650 €/vuodessa, jolloin kokonaissäästö on 10964 €/a. Tehomaksun pieneneminen tarvitsee neuvotella energiayhtiön kanssa yhteistyössä, joten tehomaksun kokonaissäästöön sisältyy epävarmuustekijä. Saatu kokonaissäästö on laskettu Pori Energia Oy taulukko-arvoista.

Poistoilmalämpöpumpun huoltokustannuksiksi oletetaan suodattimen vaihtotyö (400 €) kerran vuodessa. Lisäksi huomioidaan kompressorin vaihto (2000 €) kerran viiden-toistavuoden välein, jolloin kustannus vuotta kohti on noin 133 €

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy:n laatiman asiakasraportin mukaan samankaltaisilla kohteilla sähkönkulutus on kasvanut poistoilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen noin 35–45 MWh/a. /39/

Ostosähkön kokonaishinta hinta Pori energian hinnaston mukaan vuonna 2017 on 0,0885 €/kWh. /40/

Teknologian Tutkimuskeskus VTT OY:n raportin pohjalta arvioidaan poistoilmalämpöpumpun kulutuksen olevan 40000 kWh/a, jolloin sähkönkulutuksen kustannus on:  $0,0885 \text{ €/kWh} * 40000 \text{ kWh/a} = 3540 \text{ €/a}$

Näillä lähtötiedoilla saadaan vuotuiseksi kustannukseksi 4073 € ja vastaavasti kustannussäästoksi:  $10964 \text{ €} - 4073 \text{ €} = 6891 \text{ €}$

Poistoilmalämpöpumppujen investointikustannuksia on kartoitettu Juha Jormakan opinnäytetyössä. Samankaltaisten rakennustilavuuden ja lämmönkulutuksen omaavien kiinteistöjen poistoilmalämpöpumpun investointikustannukset ovat olleet 50000 € ja 60000 € välillä. /41/

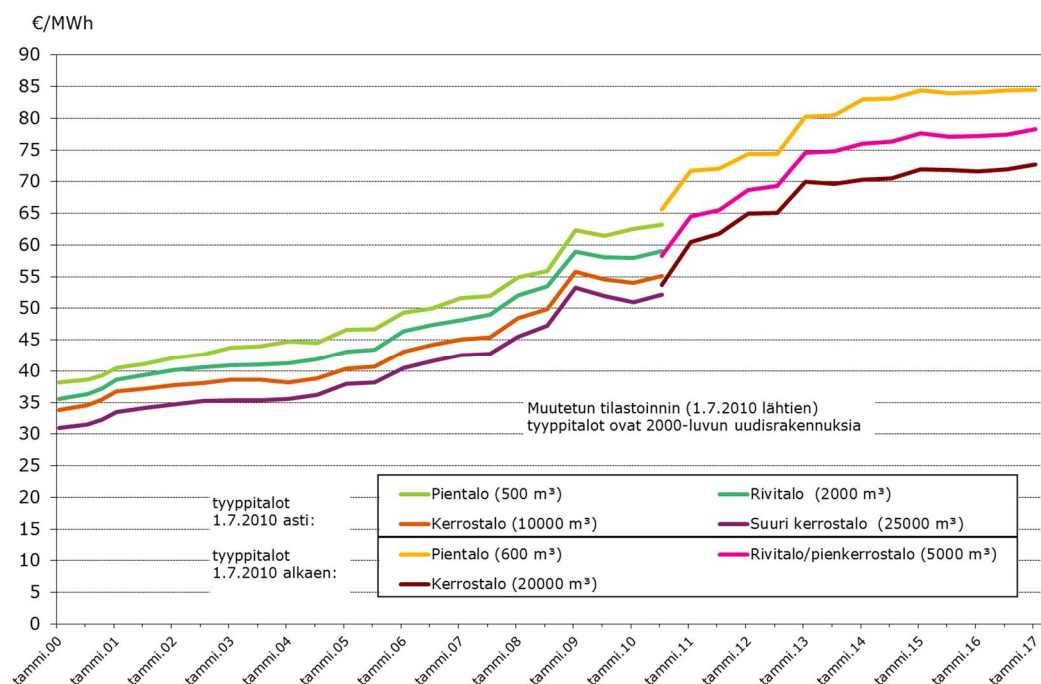
Takaisinmaksu-aika voidaan laskea kaavalla (4):

Takaisinmaksu-aika = kokonaisinvestointi / kustannussäästö vuodessa (4)

Poistoilmalämpöpumpun kokonaisinvestoinniksi oletetaan 55000 €, jolloin takaisinmaksu-ajaksi saadaan:

Takaisinmaksu-aika =  $55000 \text{ €} / 6891 \text{ €} = 7,9 \text{ vuotta}$

Takaisinmaksu-aika on siis noin 8 vuotta. Laskelmassa ei ole huomioitu energian hinnan kehitystä eikä investoinnin lainan korkokantaa.



Kuva 24. Kaukolämmön (sis. verot ja energiamaksun) hinnankehitys Suomessa 01/2000–01/2017. /51/

Takaisinmaksuaikaa arvioitaessa kaukolämmön hinnan kehitystä ei ole otettu huomioon, koska sen analyttinen arviointi on vaikeaa. Historiallisesti hinta on noussut voimakkaasti (kuva 24), joten voidaan ennustaa hinnan kehityksen olevan nousujohteista myös tulevaisuudessa. Kaukolämmön hinnannousu lyhentää poistoilmalämpöpumppu-investoinnin takaisinmaksu-aikaa.

## 8 TOTEUTUNEITA ENERGIAUUDISTUKSIA PORISSA

Porissa As. Oy Porin Eteläpuisto 11 ja As. Oy Porin Isolinnankatu 14 on tehty lämmitys ja ilmastointisaneeraus vuosina 2015 - 2016. Molemmissa taloyhtiöissä päädyttiin lämmön talteenottoon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla ja tuottamaan lisälämpöä aurinkokeräimillä.

As. Oy Porin Eteläpuisto on rakennettu vuonna 1962, kiinteistössä on 79 huoneistoa ja huoneistoalaa noin 5000 neliometriä. Aurinkokeräimiä asennettiin 49 m<sup>2</sup> ja ja 3 \* 31,3 kW poistoilmalämpöpumppuja. Taloyhtiön keskimääräinen kaukolämmönkulutus on ollut noin 830 MWh/a. Järjestelmän ensimmäisenä toimintavuonna kaukolämmön kulutus ajanjaksolla 1/2016-8/2016 oli ainoastaan 188 MWh/a. Sähkönkulutuksen osalta keskimääräinen lukema oli 35 MWh/a. Tarkastelujaksolla 1/2016-8/2016 sähkönkulutus oli 125 MWh/a. /52/

Kulutustietoja tai arviota kulutuksesta ei ollut saatavilla koko vuoden ajalta, mutta jo näistä kulutuslukemista voidaan todeta energian säästön olevan huomattava.

As. Oy Porin Isolinnankatu 14 on valmistunut vuonna 1972. Kiinteistössä on 36 huoneistoa ja huoneistoalaa 2233 m<sup>2</sup>. Taloyhtiöön asennettiin 35,5 kW tehoinen poistoilmalämpöpumppu ja 30 m<sup>2</sup> aurinkokeräimiä. Vuoden 2016 tammikuun ja elokuun välisen ajan kaukolämmön ja sähkön kulutuksen tiedoilla arvioitiin kulutuslukemia vuonna 2017; kaukolämmönkulutus vähenee arvion mukaan noin 240 MW/h ja sähkönkulutus kasvaa 33 MW/h. /52/

Työssä käytetyillä energian hinnoilla säästöä syntyy noin 11000 €/vuodessa.

## 9 YHTEENVETO

Uusiutuvat energianlähteet kasvattavat kokoajan suosiotaan ja asennusmäärien kasvaessa laitekustannukset ovat laskeneet. Kiinteistön kattoprofiili ja lappeen suunta tarjoavat hyvät edellytykset aurinkoenergian hyödyntämiseen.

Aurinkolämmön osalta takaisinmaksu-ajaksi saatiin 22 vuotta, ilman lainakuluja. Yksinään aurinkolämpö investointi ei ole houkutteleva, jos investointipäätöstä peilataan ainoastaan takaisinmaksu-aikaan. Mikäli aurinkolämpö yhdistetään esimerkiksi poistoilmalämpöpumppuun, lämpöpumpun kompressorin lyhyet käyntijaksot vähenevät



kesäaikana lisäten kompressorin käyttöikä. Kiinteistön teknisen tilan pinta-ala rajoittaa energiavaraajien tilavuutta ja aurinkolämmön toteuttamista siten, että se kattaisi kokonaan kesäaikaisen kulutuksen.

Aurinkosähköjärjestelmän osalta takaisinmaksu-ajaksi saatiin noin 19 vuotta. Laskelma on karkea, mutta antaa suuntaa aurinkopaneelien pitkäikäisyydestä takaisinmaksuajasta. Sähkön hintakehitystä on tulevaisuudessa vaikea ennustaa ja on huomattava että sähkön hinnan noustessa myös investoinnin kannattavuus paranee.

Poistoilmalämpöpumpun asennus taloyhtiöön on varmasti kannattava toimenpide. Laskettaessa takaisinmaksu-aikaa lähtötiedot ovat melko konservatiiviset mm. hyötysuhteen, investointikustannuksen ja järjestelmän sähkönkulutuksen osalta. Laskelmaan ei otettu huomioon myöskään liiketilojen poisto-ilmamäärää. Liittämällä myös liiketilojen poistoilma yhteiseen poistoilmakanavaan, saadaan enemmän energiaa talteen. Jo kahdeksan vuoden takaisinmaksu-ajan puitteissa poistoilmalämpöpumppu-investointi on järkevä. Nykyisellään poistoilmamäärät ja sitä kautta tuloilman kokonaismäärä ei vastaa nykypäivän vaatimuksia. Järjestelmän asentamisen kautta myös tuloilmamäärät voivat hieman kasvaa, joka vaikuttaa positiivisesti asumismukavuuteen.

Poistoilmalämpöpumpun asennuksen myötä kiinteistösähkönkulutus kasvaa, jolloin osan kulutuksesta voisi kattaa aurinkosähköjärjestelmällä. Kesäaikaisen lämpimän käyttöveden energian kulutuksesta osa voitaisiin kattaa aurinkolämpöjärjestelmällä.

Työ tarjoaa perustiedot eri mahdollisuuksille ja antaa suuntaa investointien rahallisesta kannattavuudesta. Tarkempi selvitys on kuitenkin tarpeen ja järjestelmien toimittajilla onkin esittää tarkkaa teknistä tietoa omista tuotteistaan. Näin päästään tarkkaan mitoitukseen, saadaan toimintavarma järjestelmä ja tyydyttävä takaisinmaksu-aika.

Huonosti suunniteltu ja/tai heikkolaatuisilla komponenteilla toteutettu järjestelmä tulee käyttäjälle kalliiksi ja saattaa vaatia runsaan työpanoksen sen ylläpitoon. Hyvin toimivat järjestelmät ovat hankintahinnaltaan taas korkeampia, mutta toimivat luotettavasti pienellä ylläpitokustannuksella.

Huomioitavaa on energiansäästön lisäksi lämmitysjärjestelmän uudistuksen vaikutus kiinteistön E-lukuun ja kiinteistön arvoon; uusiutuvan energian hyödyntäminen pienentää rakennuksen laskennallista E-lukua ja investointi uusiutuviin energialähteisiin nostaa kiinteistön arvoa.

## LÄHTEET

1. Solar Heating Systems for Houses: a desing handbook for solar combisystems. 2003. Solar Heating and Cooling Executive Committee of the International Energy Agency. Lontoo: James & James Ltd.
2. Erat B., Erkkilä V., Löfgren T., Nyman C. ym. 2001. Aurinko-opas. Helsinki: Kustantajat Sarmala Oy.
3. Euroopan komission tiede- ja tietopalvelut. Viitattu 23.3.2017. <https://ec.europa.eu/>
4. Motiva. Auringosta lämpöä ja sähköä. Viitattu 23.3.2017. [http://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_2016.pdf](http://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_2016.pdf)
5. Motiva. Tukilämmitysjärjestelmät. Viitattu 23.3.2017. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/tukilammitysjarjestelmat](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat)
6. Motiva. Aurinkolämpöjärjestelmät. Viitattu 23.3.2017. [http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat)
7. Motiva. Tasokeräimet. Viitattu 24.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tasokeraimet](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet)
8. Motiva. Tyhjiöputkikeräimet. Viitattu 23.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tyhjioputkikeraimet](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet)
9. Jodat Ympäristöenergia Oy. Tasokeräimet. Viitattu 16.3.2017. [http://www.energia-kauppa.com/epages/energia-kauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Products/12002](http://www.energia-kauppa.com/epages/energia-kauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Products/12002)
10. Nerowatt Oy. Aurinkoenergia Suomessa. Viitattu 16.3.2017. <http://aurinkoenergia.fi/aurinkoenergia.html>
11. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Järjestelmän sijoitus, suuntaus ja mitoitus. Viitattu 20.3.2017. <http://ilmastoinfo.fi/aurinkosahkoakotiin/miten/huomioitavaa/>
12. Motiva. Aurinkosähkön yhdistäminen muihin järjestelmiin. Viitattu 24.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkon\\_yhdistaminen\\_muihin\\_energiajarjestelmiin](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkon_yhdistaminen_muihin_energiajarjestelmiin)
13. Helsingin Yliopisto. Miten aurinkosähkö toimii?. Viitattu 16.3.2017. <http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-toiminta.html>
14. Motiva. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Viitattu 24.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)
15. Motiva. Auringosta sähköä. Viitattu 17.3.2017. [http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](http://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)

16. Oulun ammattikorkeakoulu. Tuurinko, Tuuli- ja aurinkosähkön oppimisympäristö. Viitattu 24.3.2017. <http://www.oamk.fi/cdn/fileuploads/asennusopas.pdf>
17. Energiateollisuus ry. Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon. Viitattu 24.3.2017. [http://energia.fi/files/1249/tekninen\\_liite\\_1\\_-\\_enintaan\\_100\\_kVA\\_PAIVITETTY\\_20160427.pdf](http://energia.fi/files/1249/tekninen_liite_1_-_enintaan_100_kVA_PAIVITETTY_20160427.pdf)
18. Motiva. Ylijäämäsähkön myynti. Viitattu 27.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti)
19. Pori Energia Oy. Ohje tuotannon liittämisestä jakeluverkkoon. 2016. Viitattu 25.3.2017. [https://www.porienergia.fi/Globa/PESV%20dokumentit/ohje\\_tuotannon\\_liittamisesta\\_jakeluverkkoon\\_paivitetty\\_20160427.pdf](https://www.porienergia.fi/Globa/PESV%20dokumentit/ohje_tuotannon_liittamisesta_jakeluverkkoon_paivitetty_20160427.pdf)
20. Finnwind Oy. Aurinkosähkö. Viitattu 13.3.2017. <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima>
21. Motiva. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Viitattu 29.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkosahkojarjestelman\\_mitoitus/mitoitusmenetelmia](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia)
22. Motiva. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus. Viitattu 29.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkolampojarjestelman\\_mitoitus](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_mitoitus)
23. Perälä R. 2009. Lämpöpumput. Tallinna: Alfamer Oy.
24. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus. Viitattu 20.3.2017. [http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen\\_merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf](http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen_merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf)
25. Wikipedia. Lämpöpumppu. Viitattu 12.3.2017. <https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mp%C3%B6pumppu>
26. Juuti, P. 2016. Säästäisikö poistoilmalämpöpumppu rahaa ja energiaa sinun talossasi? Viitattu 20.3.2017. <http://yle.fi/uutiset/3-9300591>
27. Motiva. Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 20.3.2017. [http://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/poistoilmalampopumppu](http://www.motiva.fi/etusivu_2010/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/poistoilmalampopumppu)
28. Ympäristöministeriö. Aurinkokeräimen sijoitus. Viitattu 23.3.2017. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF4F73E83-56AF-4112-AD7B-0E1F1804D38B%7D>
29. Auvinen K., Lovio R., Jalas M., ym. 2016. FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. Helsinki: Unigrafia Oy. Aaltoyliopisto. Viitattu 25.3.2017
30. Hannukainen S. Tarkastaja. Porin kaupungin rakennusvalvonta. Henkilökohtainen tiedonanto. 4.4.2017.
31. Suomen RakMK D5. 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

32. Aalto-yliopisto. FinSolar: Aurinkolämpöjärjestelmien kannattavuus Suomessa. Viitattu 26.3.2017. [http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinko-lampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/#\\_ftn1](http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinko-lampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/#_ftn1)
33. Greenstream Publishin LTD. Solar Elektriciry Handbook. Viitattu 29.3.2017. <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>
34. Napssystems Oy. Naps NSR-aurinkojärjestelmän edut. Viitattu 4.4.2017. <http://www.napssystems.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/Naps-verkoonkytkett%C3%A4v%C3%A4t-aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4t.pdf>
35. Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiateollisuus Oy. Aurinkolämmön liiketoimintamahdollisuudet Suomessa. 2013. Viitattu 10.4.2017. <http://tem.fi/documents/1410877/2872337/Aurinkol%C3%A4mm%C3%B6n+liiketoimintamahdollisuudet+kaukol%C3%A4mm%C3%B6n+yhteydess%C3%A4+Suomessa+05072013.pdf>
36. Kaukora Oy. GTV-energiavaraaja. Viitattu 12.4.2017. <http://www.kaukora.fi/energiavaraajat/jaspi-gtv>
37. NIBE Energy Systems. NIBE kiinteistölämpöpumput, poistoilman lämmöntalteenotto. Viitattu 12.4.2017. [http://www.nibe.fi/Documents/haato\\_fi/Kiinteistolampopumput/NIBE%20Lto%20esite%2006%202013.pdf](http://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/Kiinteistolampopumput/NIBE%20Lto%20esite%2006%202013.pdf)
38. Motiva. Lämpöpumppu teknologiat. Viitattu 12.4.2017. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu)
39. Rämä M. Niemi R. Similä L. 2015. Poistoilmalämpöpumput kaukolämpöjärjestelmässä. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Viitattu 12.4.2017. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-CR-00564-15.pdf>
40. Pori Energia Oy. Sähkönmyyntihinnasto 2017. Viitattu 14.4.2017. [https://www.porienergia.fi/Global/Hinnastot/Sähkönmyyntihinnastot%202017/Kokonaishinnasto\\_alv24\\_2017.pdf](https://www.porienergia.fi/Global/Hinnastot/Sähkönmyyntihinnastot%202017/Kokonaishinnasto_alv24_2017.pdf)
41. Jormakka J. Lämmöntalteenotto kerrostalon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla. 2015. Opinnäytetyö. Viitattu 15.4.2017. <https://www.theseus.fi/handle/10024/90480>
42. Ekolämmöx Oy. Aurinkopaneelit ja keräimet samalla katolla. Viitattu 26.4.2017. <http://www.ekolammox.fi/aurinkokeraimet-ja-paneelit-samalla-katolla-klaukkala/>
43. Aurinkovirta. Aurinkopaneelien kiinnitysteline. Viitattu 26.4.2017. <http://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkosahkovoimala/aurinkopaneelien-kiinnitysteline/>
44. My-Solar Oy. Aurinkopaneelit. Viitattu 26.4.2017. <http://my-solar.fi/aurinkoenergia/>
45. Wikipedia. Aurinkokenno. Viitattu 27.4.2017. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokenno>

46. Solarforum. Aurinkojärjestelmät. Viitattu 27.4.2017. <http://solarforum.fi/wp/fi/seurantakohteet/aurinkosahko-nakkila/>
47. Nilan Suomi Oy. COP-SCOP – hyötysuhteiden erot. Viitattu 27.4.2017. <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>
48. Sun Dial Finland Oy. Mitä kuluttajan tulisi ottaa huomioon aurinkokeräintä valitessaan?. Viitattu 27.4.2017. <http://www.sundial.fi/news.php?article=8>
49. Aurinkosähköopas. 2017. Helsingin kaupunki, Dodo ry. Viitattu 27.4.2017. [http://il-mastokatu.fi/files/2017/02/Aurinkosa%CC%88hko%CC%88opas\\_07022016.pdf](http://il-mastokatu.fi/files/2017/02/Aurinkosa%CC%88hko%CC%88opas_07022016.pdf)
50. Tilastokeskus. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Viitattu 27.4.2017. [http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi\\_2016\\_04\\_2017-03-08\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi_2016_04_2017-03-08_kuv_005_fi.html)
51. Energiategollisuus ry. Kaukolämmön hinnan kehitys. Viitattu 27.4.2017. [http://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/diaesitys\\_kaukolammon\\_hinnan\\_kehityksesta.html#material-view](http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/diaesitys_kaukolammon_hinnan_kehityksesta.html#material-view)
52. Aurinkoteknillinen Yhdistys ry. Aurinkoenergia Suomessa. Viitattu 27.4.2017. <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjVu5nux8PTAhXMDSwKHZSuAPkQFggt-MAA&url=http%3A%2F%2Fwww.aurinkoteknillinenyhdistys.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F10%2F1450-Aurinkoenergia-Suomessa-Finn-Build-2016-Hernesniemi.pdf&usg=AFQjCNG-qCsaN4j8ZIJqNIfrJpVqDXwjDFA&sig2=m8lNvC8GQQ4mXosTiAEAp>

## LIITE 1

Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake

### MIKROTUOTANTOLAITTEISTON LIITTÄMINEN VERKKOON

Tällä lomakkeella asiakas ilmoittaa verkkoyhtiölle tiedot nimellisteholtaan enintään 100 kVA tuotantolaitteiston sähköverkkoon liittämistä varten. Lomakkeen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevälle sähköurakoitsijalle tai asiakas voi tarvittaessa täyttää lomakkeen myös itse. Sähköntuotannon aloittamiseen tulee tämän lomakkeen lähettämisen lisäksi saada erikseen lupa verkkoyhtiöltä.

#### 1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitoksen omistaja	Sähköposti	Puhelinnumero
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Liittymän osoite (tuotantolaitoksen sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero (löytyy sähkönsiirtolaskulta)		
Yhteyshenkilö (jos muu kuin tuotantolaitoksen omistaja)	Sähköposti	Puhelinnumero

#### 2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto	<input type="checkbox"/> Aurinko	<input type="checkbox"/> Tuuli	<input type="checkbox"/> Biokaasu	<input type="checkbox"/> Diesel	<input type="checkbox"/> Muu, mikä?
Verkkoonliitäntälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) valmistaja	Verkkoonliitäntälaitteiden (invertteri/vaihtosuuntaaja) määrä ja malli				
Tuotantolaitteiston nimellisteho	kVA/kW	Tuotantolaitteiston enimmäisvikavirta (laitoksen suurin mahdollinen virta)			A
Laitteiston kytkentä	<input type="checkbox"/> Kolmivaiheinen	<input type="checkbox"/> Yksivaiheinen, merkitse vaihe	<input type="checkbox"/> L1	<input type="checkbox"/> L2	<input type="checkbox"/> L3

#### 3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT

##### 3.1. Tuotantolaitteiston suojaus (valitse YKSI seuraavista vaihtoehdoista)

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitäntälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) suojausasettelut ja irtikytketymisajat

<input type="checkbox"/> Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset (sama kuin Energiateollisuus ry:n suositus 2016, tekninen liite 1)	
<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimuskirje VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)	<input type="checkbox"/> Jokin muu
HUOM! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytä myös lomakkeen kohta 7.	

##### 3.2. Tuotantolaitteiston erottaminen

<input type="checkbox"/> Vakuutan, että tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy (esim. talon ulkoseinällä, ei lukitussa tilassa)
Erotuskytkimen sijainti (esim. talon ulkoseinällä pääoven vieressä)
<input type="checkbox"/> Liittymän sähkökeskuksilla on varoituskyltit takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiselle

#### 4. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN/URAKOITSIJAN TIEDOT

(tuotantolaitteiston sähköverkkoon kytkevä urakoitsija täyttää)

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

Urakoitsija toimittaa asiakkaalle laitteistoa koskevan käyttöönottotarkastuspöytäkirjan.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on pyydettyäessä toimitettava verkonhaltijalle.

#### 5. LISÄTIEDOT

Lisätietoja
-------------

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemiaan tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittämisestä. Lisätietoja saat verkkoyhtiöltäsi.

#### 6. ALLEKIRJOITUS

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi	
Päivämäärä ja paikka	Allekirjoitus ja nimenselvennys

Lomakkeen voi allekirjoittaa tuotantolaitoksen omistaja tai hänen valtuuttamansa taho, kuten sähköurakoitsija

#### 7. Tuotantolaitteiston verkkoonliitännälaitteen suojausasettelut ja irtikytketymisajat

**HUOM!** Täytä tämä osa vain, jos valitsit kohdassa 3. vaihtoehdon Jokin muu

Verkkoonliitännälaitteen suojausasettelu noudattaa standardia:					
Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika	Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2*			Ylitaajuussuojaus 2*		
Alijännitesuojaus 1			Alitaajuussuojaus 1		
Alijännitesuojaus 2*			Alitaajuussuojaus 2*		
* jos on					
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistumisaika verkkojännitteen palauduttua					s
Saarekekäytönestosuojauksen (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					



# LIITE 2

## Kiinteistön aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus- ja mitoituslaskuri (versio 9/2015)

	Täytä kohteen kk-kohtainen lämmönkulutus kWh	Lämmönlähteen hinta, jota aurinkoenergia korvaa tai täydentää €/MWh	Ylijäämälämmön myyntihinta €/MWh (jos ei hintaa niin laita 0 eur)	Tarkenna auringon säteily päivässä kWh/m2/vrk sijainnin mukaan	Aurinkolämmön tuotanto kWh
Tammikuu	106010	57,9	0,0	0,79	490
Helmikuu	69610	57,9	0,0	1,96	1098
Maaliskuu	66490	57,9	0,0	3,51	2176
Huhtikuu	49030	57,9	0,0	4,69	2814
Toukokuu	23370	57,9	0,0	5,59	3466
Kesäkuu	12510	57,9	0,0	5,37	3222
Heinäkuu	9890	57,9	0,0	5,22	3236
Elokuu	14020	57,9	0,0	4,45	2759
Syyskuu	22800	57,9	0,0	3,43	2058
Lokakuu	53500	57,9	0,0	1,91	1184
Marraskuu	74740	57,9	0,0	1,15	690
Joulukuu	77580	57,9	0,0	0,59	366
<b>Yht</b>	<b>579550</b>			<b>38,66</b>	<b>23559</b>
<b>keskim. vuodessa</b>		<b>57,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3,2</b>	

	Aurinkolämmön ylijäämä tai myyntiin menevä määrä kWh	Aurinkolämpöä omaan käyttöön kWh	Aurinkolämmön oman käytön arvo €	Lämmön myyntitulot tai ylijäämän arvo €	Muun lämmön osto- tai tuotantot arve kWh	Päivien määrä kuukaudessa	Auringon säteily Em (kWh/m2 /kk)		
Tammikuu									
Helmikuu	0	490	28	0	105520	31	24,49		
Maaliskuu	0	1098	64	0	68512	28	54,88		23559
Huhtikuu	0	2176	126	0	64314	31	108,81		0,40
Toukokuu	0	2814	163	0	46216	30	140,7		0 %
Kesäkuu	0	3466	201	0	19904	31	173,29		579550
Heinäkuu	0	3222	186	0	9288	30	161,1		-1 %
Elokuu	0	3236	187	0	6654	31	161,82		30
Syyskuu	0	2759	160	0	11261	31	137,95		4 %
Lokakuu	0	2058	119	0	20742	30	102,9		€31 000
Marraskuu	0	1184	69	0	52316	31	59,21		8 %
Joulukuu	0	690	40	0	74050	30	34,5		
<b>Yht</b>	<b>0</b>	<b>366</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>77214</b>	<b>31</b>	<b>18,29</b>		
<b>keskim. vuodessa</b>	<b>0</b>	<b>23559</b>	<b>1364</b>	<b>0</b>	<b>555991</b>	<b>365</b>	<b>1178</b>		

**Aurinkolämmön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana**

Järj	Oman	Investointi-	Kassavirta €/v	Investoinnin	Investoinnin	Takaisinm	Vaihtoehto	Myyntiin	Hyödynnettävissä oleva
0	0	- 31 000 €	- 31 000 €	-€31 000	-€31 000		57,88		
1	€ 1 364	€ - ,00	1 364 €	-€29 636	-€29 636	1	57,88	0,00	23558,80
2	€ 1 377	€ - ,00	1 377 €	-€28 259	-€28 259	1	59,04	0,00	23323,21
3	€ 1 390	€ - ,00	1 390 €	-€26 869	-€26 869	1	60,22	0,00	23089,98
4	€ 1 404	€ - ,00	1 404 €	-€25 465	-€25 465	1	61,42	0,00	22859,08
5	€ 1 418	€ - ,00	1 418 €	-€24 047	-€24 047	1	62,65	0,00	22630,49
6	€ 1 432	€ - ,00	1 432 €	-€22 615	-€22 615	1	63,90	0,00	22404,18
7	€ 1 446	€ - ,00	1 446 €	-€21 170	-€21 170	1	65,18	0,00	22180,14
8	€ 1 460	€ - ,00	1 460 €	-€19 710	-€19 710	1	66,49	0,00	21958,34
9	€ 1 474	€ - ,00	1 474 €	-€18 236	-€18 236	1	67,82	0,00	21738,76
10	€ 1 489	-€ 1 240,00	249 €	-€17 987	-€17 987	1	69,17	0,00	21521,37
11	€ 1 503	€ - ,00	1 503 €	-€16 484	-€16 484	1	70,56	0,00	21306,16
12	€ 1 518	€ - ,00	1 518 €	-€14 966	-€14 966	1	71,97	0,00	21093,09
13	€ 1 533	€ - ,00	1 533 €	-€13 433	-€13 433	1	73,41	0,00	20882,16
14	€ 1 548	€ - ,00	1 548 €	-€11 885	-€11 885	1	74,87	0,00	20673,34
15	€ 1 563	€ - ,00	1 563 €	-€10 322	-€10 322	1	76,37	0,00	20466,61
16	€ 1 578	€ - ,00	1 578 €	-€8 743	-€8 743	1	77,90	0,00	20261,94
17	€ 1 594	€ - ,00	1 594 €	-€7 150	-€7 150	1	79,46	0,00	20059,32
18	€ 1 609	€ - ,00	1 609 €	-€5 540	-€5 540	1	81,05	0,00	19858,73
19	€ 1 625	€ - ,00	1 625 €	-€3 915	-€3 915	1	82,67	0,00	19660,14
20	€ 1 641	-€ 1 240,00	401 €	-€3 514	-€3 514	1	84,32	0,00	19463,54
21	€ 1 657	€ - ,00	1 657 €	-€1 856	-€1 856	1	86,01	0,00	19268,91
22	€ 1 673	€ - ,00	1 673 €	-€183	-€183	1	87,73	0,00	19076,22
23	€ 1 690	€ - ,00	1 690 €	€1 507	€1 507	0	89,48	0,00	18885,45
24	€ 1 706	€ - ,00	1 706 €	€3 213	€3 213	0	91,27	0,00	18696,60
25	€ 1 723	€ - ,00	1 723 €	€4 937	€4 937	0	93,10	0,00	18509,63
26	€ 1 740	€ - ,00	1 740 €	€6 677	€6 677	0	94,96	0,00	18324,54
27	€ 1 757	€ - ,00	1 757 €	€8 434	€8 434	0	96,86	0,00	18141,29

28	€ 1 774	€ - ,00	1 774 €	€10 208	€10 208	0	98,79	0,00	17959,88
29	€ 1 792	€ - ,00	1 792 €	€12 000	€12 000	0	100,77	0,00	17780,28
30	€ 1 809	€ - ,00	1 809 €	€13 809	€13 809	0	102,79	0,00	17602,48
	47 289 €	- 33 480 €	13 809 €			22	€77,61	€0,00	613 235

Linkejä:

[Taustoitusta taloyhtiökäyttöön tehdystä investointilaskurista](#)

PVGIS

<http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>

<http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>

Lähtötiedot:

Lämmön kuluttajahinta veroineen snt/kWh	57,9
Arvio ostolämmön hinnan noususta % per vuosi	2,0%
Aurinkolämpöjärjestelmän koko neliöinä (säädä kokoa sellaiseksi, jolla	50
Järjestelmän investointikustannus € (laitteet ja asennus)	
	€31 000
Investointituki, % alkuinvestoinnista	0 %
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	0,0%
Aurinkolämmön ylijäämätuotannon myyntihinta €/MWh	0,0

Investoinnin nettonykyarvo eli kokonaistuotto tai -tappio 30 vuoden	13 809 €
Takaisinmaksuaika vuotta	22
Investoinnin sisäinen korkokanta 30 vuoden käyttöiän aikana	2,4%
Hyödynnettävän aurinkolämmön tuotantohinta 30 vuoden ajalla €/MWh	54,60